

RTM

Rundfunktechnische Mitteilungen

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

Institut für Rundfunktechnik GmbH **IRT**

- Christoph Gronarz, Dieter Becker* WDR gestaltet zukunftsweisende Tontechnik in der neuen Kölner Philharmonie
- Gerhard Stoll, Peter Urban* Psychoakustische Experimente zur Hörbarkeit von Aliasing-Verzerrungen
- Georg Plenge, Gerhard Spikofski,
Günther Theile* Variable Dynamik – Ein Konzept für verbesserte Versorgung im Hörfunk
und Fernsehen
- Karl Fuchs* Technische Merkmale und Planungsverfahren bei einer zukünftigen Neuverteilung
der Frequenzen im Kurzwellenrundfunk
- Rainer Großkopf* Feldstärkevorhersage im VHF-Bereich mit Hilfe topographischer Daten
- Gerd Petke* Die 12. Tagung der UER-Unterarbeitsgruppe R1 (Terrestrischer Hörrundfunk)
- Bernd Raufmann* Die 6. Tagung der UER-Unterarbeitsgruppe R4 (Wellenausbreitung)
- Gerd Grunwald* Ausstellung der National Association of Broadcasters (NAB-Convention)
- Ulrich Messerschmid, Peter Wolf* Die 38. Jahrestagung der Technischen Kommission der UER
- Rolf Süverkrübbe* Erstes Informationstreffen des IFRB-ORB zur Vorbereitung des zweiten Teils
der Orbit-Planungskonferenz
- Tagungen und Ausstellungen – Buchbesprechungen – Nachrichten – Persönliches

Sony Betacam... ...vom Erfinder des Systems



Köln 1986
3.-9. September

Halle 14 OG
Gang C-F
Stand 8

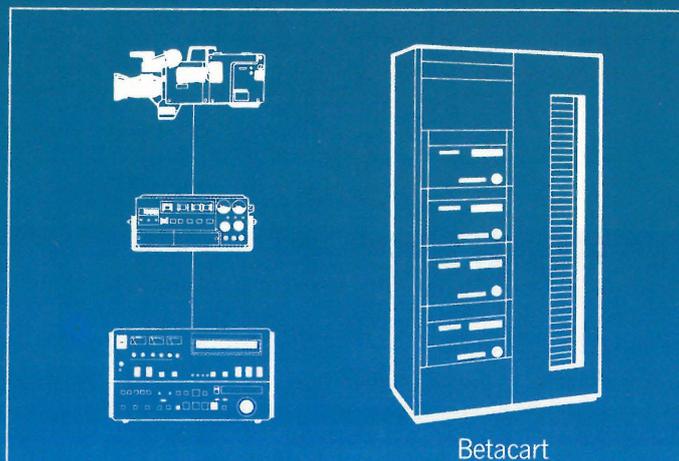
Betacam ist Bildaufnahme, -bearbeitung und -übertragung. Das System, das durch Studioqualität besticht, bietet jetzt durch BVW-15 auch Zeitlupen- und Einzelbilddarstellung für höchste Ansprüche.

Mit der 3-Chip-Kamera BVW-105P verfügt das Betacam-System nun auch über eine Kamera in CCD-Technik.

Nutzen Sie den Qualitätsvorsprung und den Kostenvorteil, indem Sie in einem System arbeiten – Betacam.

Durch umfangreiches Zubehör ist Betacam überall einzusetzen und adaptierbar. Ein Programm von Kamerarecordern, portablen Aufnahme-/Wiedergabe-Geräten über Komponenten-Schnitt-einheiten mit Zeitlupenmöglichkeit bis zum Multi-Cassetten-System Betacart für den programmierten Sendeablauf.

Broadcast total mit Betacam.



Betacart

SONY

Postfach 3012 49, 5000 Köln 30

RUNDFUNKTECHNISCHE MITTEILUNGEN

JAHRGANG 30

1986

Heft 4

INHALTSVERZEICHNIS :

WDR gestaltet zukunftsweisende Tontechnik in der neuen Kölner Philharmonie 141 Christoph Gronarz, Dieter Becker	Die 6. Tagung der UER-Unterarbeitsgruppe R4 (Wellenausbreitung) 186 Bernd Raufmann
Psychoakustische Experimente zur Hörbarkeit von Aliasing-Verzerrungen 149 Gerhard Stoll, Peter Urban	Ausstellung der National Association of Broadcasters (NAB-Convention) 187 Gerd Grunwald
Variable Dynamik — Ein Konzept für verbesserte Versorgung im Hörfunk und Fernsehen 158 Georg Plenge, Gerhard Spikofski, Günther Theile	Die 38. Jahrestagung der Technischen Kommission der UER 190 Ulrich Messerschmid, Peter Wolf
Technische Merkmale und Planungsverfahren bei einer zukünftigen Neuverteilung der Frequenzen im Kurzwellenrundfunk 168 Karl Fuchs	Erstes Informationstreffen des IFRB-ORB zur Vorbereitung des zweiten Teils der Orbit-Planungskonferenz 197 Rolf Süverkrübbe
Feldstärkevorhersage im VHF-Bereich mit Hilfe topographischer Daten 176 Rainer Großkopf	Tagungen und Ausstellungen 198
Die 12. Tagung der UER-Unterarbeitsgruppe R1 (Terrestrischer Hörrundfunk) 183 Gerhard Petke	Buchbesprechungen 199
	Nachrichten 201
	Persönliches 206

WDR GESTALTET ZUKUNFTSWEISENDE TONTECHNIK IN DER NEUEN KÖLNER PHILHARMONIE

VON CHRISTOPH GRONARZ UND DIETER BECKER

Manuskript eingegangen am 25. September 1985

Tonstudioteknik

Zusammenfassung

Dieser Beitrag möchte vor allem zeigen, wie aus der Sicht der Toningenieur die Möglichkeiten der Digitaltechnik so genutzt werden, daß bei der Musikproduktion mehr Zeit für die optimale technische Verwirklichung der künstlerischen Absichten bleibt. Eine Funktionsbeschreibung des digitalen Mischpults und Hinweise zur Bedienung sollen Einblicke in die Steuerung, Verarbeitung und Speicherung der Signale geben.

Summary Modern audio installations for WDR at the new Cologne concert hall

The article is concerned more especially with showing how digital audio techniques can be exploited to give more time for achieving an optimum technical production of artistic effects. A functional description of the digital mixing console and indications of operational methods give an idea of the control, processing and recording of signals.

Sommaire Installation acoustique d'avant garde du WDR dans la nouvelle salle de concert de Cologne

Le présent article veut surtout montrer comment on peut exploiter les possibilités de la technique numérique pour la prise de son de manière à laisser davantage de temps pour la réalisation technique optimale des effets artistiques au niveau de la production. Une description fonctionnelle de la console de prise de son numérique et des indications d'emploi donnent un aperçu de la commande, du traitement et de la mise en mémoire des signaux.

1. Einleitung

Zwischen Kölner Dom und Rheinufer entsteht zur Zeit die neue Philharmonie, deren Konzertsaal zur Aufführung großer musikalischer Werke geeignet ist. Seine runde Form eines Amphitheaters mit ansteigenden Sitzreihen für 2000 Besucher umschließt ein Volumen von 20 000 Kubikmetern. Eine halbkreisförmige Bühne bietet Raum für über 300 Mitwirkende. Zwischen ihnen und dem Dirigenten ermöglichen 14 staffelbare Hubpodien eine gute visuelle und akustische Verbindung.

2. Musikalische Vorhaben und deren tontechnische Bewältigung

Umfangreiche, in ihrem Programm verschiedenartige Veranstaltungen sind geplant. Sinfoniekon-

zerte, aufwendige „Musik-der-Zeit“-Produktionen, progressive Big-Band-Jazz-Aufführungen mit Solisten, Chor und Streichorchester und vieles mehr. Da der WDR und die Stadt Köln abwechselnd in der Philharmonie Veranstaltungen durchführen werden, sind tägliche Proben-, Umbau- und Aufnahmetermine in dichter Reihenfolge, dazu Mehrspuraufzeichnungen, Abmischungen und Sendungen zu erwarten. Folgende Studiobelegung könnte sich ergeben:

Vormittags: Produktion des Sinfonieorchesters

Nachmittags: Produktion des Unterhaltungsorchesters

Abends: Konzert und Sendung mit mehreren Musikgruppen.

Die beiden Musikproduktionen müssen am nächsten Tag fortgesetzt werden.

Das WDR-Planungsteam erkannte, daß derartige Veranstaltungsfolgen nur zu bewältigen sind, wenn die jeweiligen Mischpult-Gestaltungen umfassend und schnell gespeichert und reproduziert werden können. So entfällt das Aufschreiben der erarbeiteten Parameter und deren erneute Einstellung, es erübrigt sich das Aufzeichnen der Signalwege und deren abermaliges Stecken, womit eine beträchtliche Zeitersparnis gewonnen ist. Ebenso kommt die Speichertechnik den Live-Sendungen mit mehreren abwechselnd spielenden Orchestern zugute. Sie garantiert einen unterbrechungsfreien Ablauf.

Zu den Alpträumen eines Toningenieurs gehören die im technischen Umfang ständig wachsenden Live-Übertragungen von U-Musik, bei denen oft bis zu 80 Mikrofone und mehr im Einsatz sind, was bisher zu einem unüberschaubaren Wirrwarr von Zusatzgeräten und Kabeln im Regieraum führte. Der Grund für diese Polymikrofonie liegt in der vom Hörer erwarteten präsenten Wiedergabe. Sie läßt sich nur erreichen, wenn störende Raumeinflüsse, unerwünschte Schallanteile von Mitwirkenden, Bühnen- und Saallautsprechern an den einzelnen Mikrofonen auf ein Minimum reduziert werden, indem dicht an jedes Musikinstrument, jeden Sänger und Sprecher ein Mikrofon herangebracht wird.

Selbst wenn Musiker und Sänger mit unterschiedlicher Lautstärke spielen und singen, so daß eine Ausgewogenheit im Studio nicht zustande kommen kann, ist der Toningenieur im Regieraum mit entsprechend vielen Mischpultkanälen in der Lage, eine zufriedenstellende Balance zu erzeugen und Effektgeräte gezielt anzusteuern.

Nach eingehender Erkundung des Marktes entschied man sich für „Digital Signal Processing“, kurz: DSP, dem digitalen Tonverarbeitungssystem der englischen Firma Neve Electronics Ltd. in Cambridge. Für die ungeduldigen Leser einige technische Daten des DSP-Systems schon an dieser Stelle:

- 48 Eingänge über Mikrofonverstärker zum Anschluß von 96 Mikrofonen über A/B-Umschaltung
- 16 Leitungseingänge
- 56 motorgetriebene Pegelsteller mit
- 128 Pegelstellerfunktionen
- 56 Pegelmesser-Säulenanzeigen (VU/PPM)
- 48 Vier-Band-Equalizer
- 48 Hoch-/Tiefpaßfilter
- 48 Begrenzer/Kompressoren/Expander/
Noise Gates
- 48 Echtzeitverzögerungen, insgesamt 4,8 s
- 32 analoge Ausgänge
- 32 digitale Ein- und Ausgänge im AES/EBU-Standard zum Anschluß digitaler Tonbandmaschinen.

Alle aufgeführten Positionen stehen zur freien Verfügung und können, den jeweiligen Anforderungen entsprechend, zu einem maßgeschneiderten Mischpult zusammengeschaltet werden.

Gleich nach dem Einschalten erscheinen auf dem Systembildschirm fünf zur Auswahl stehende Startprogramme. Auf Knopfdruck werden z. B. die Signal-

wege für eine Stereoaufnahme einer Sendung, eine Mehrspurproduktion oder beides gleichzeitig aneinandergelagert. Er bewirkt auch den Abruf der Grundeinstellungen aller im System vorhandenen Parameter.

3. Geschichte des digitalen Mischpults

Die Geschichte des digitalen Mischpults ist noch nicht sehr alt. Erst im Jahre 1982 stellte die Firma Neve in Zusammenarbeit mit dem BBC-Research-Department einen Prototyp vor, das Modell P3. Mit dieser kleinen Konsole waren bereits die grundlegenden Bearbeitungsmöglichkeiten eines Mischpults realisiert. Heute hat es einen Ehrenplatz im Keller des Neve-Gebäudes in Cambridge. Nach dem P3 ging ein größeres Mischpult für einen neuen BBC-Ü-Wagen in Produktion. Auch das große Londoner CTS-Studio bestellte bei Neve ein ähnliches Mischpult. Der Verlauf beider Entwicklungen wurde vom WDR kritisch verfolgt, und in mehreren Besuchen bei Neve und CTS wurde der Fortgang der Produktion besichtigt.

In zahlreichen Gesprächen, die Ingenieure von Neve und vom WDR führten, wurde deutlich, wie es zu den zeitlichen Verzögerungen beim Bau dieser Pulte kam. Während die Hardware des digitalen Mischpults in durchaus bekannten Technologien realisiert werden konnte und von Neve beherrscht wird, wurde der Aufwand an Software für die Steuerung und Bedienung des Mischpults unterschätzt. Nach Hinzuziehen junger Software-Spezialisten war die Komplexität des gesamten Softwaresystems nur durch konsequente Anwendung der Methoden des Software-Engineering beherrschbar.

Im Januar 1985 war es endlich soweit: Während das BBC-Mischpult sich immer noch in der Produktion befand – im Juli 1985 wurde es in den Ü-Wagen eingebaut –, wurde das Mischpult im CTS-Studio in Betrieb genommen. An zwei Tagen konnten Toningenieur des WDR bei einer Produktion zuschauen und wichtige Erkenntnisse über die Bedienungsabläufe gewinnen. Eine Woche später wurde sogar das gesamte Studio vom WDR gemietet, um selbst die Gelegenheit zu haben, das Mischpult eingehend auszuprobieren. Mit einem ebenfalls angemieteten Orchester wurde einen ganzen Tag lang das Mischpult unter allen erdenklichen Situationen getestet. Dabei wurde auch versucht, absichtlich unsinnige Eingaben zu machen, um das System zum Absturz zu bringen. Durch die bedienerfreundliche Software wurden wir jedoch freundlichst auf unsere Fehler aufmerksam gemacht. Auffallend waren die völlig harmlosen Reaktionen auf unsere Übersteuerungsversuche. Am Abend dieses Tages waren die letzten Zweifel beseitigt und alle waren sich einig, daß dieses Mischpult an Möglichkeiten der Klangbeeinflussung und an Einfachheit der Bedienung nicht zu überbieten ist.

4. Zur technischen Realisierung

Schon vor mehreren Jahren wurden vom BBC-Research-Department die gebräuchlichsten Einheiten eines Mischpults auf ihre Grundfunktion hin erforscht und die mathematischen Grundlagen erarbeitet. Es wurden Algorithmen hergeleitet, mit denen

sich auf einem Computer z. B. Filter und Kompressoren berechnen ließen [1, 2]. Die Firma Neve besorgte die Realisierung der Berechnungen in Echtzeit.

Durch die Verwendung der von der AES/EBU empfohlenen Abtastrate von 48 kHz für digitale Studioanlagen sind die Abtastperioden mit 20,8 Mikrosekunden sehr kurz. Mit digitalen Signalprozessoren, die zwar nur wenige Befehle beherrschen, diese aber dafür ungeheuer schnell durchführen können, konnte mit den gefundenen Formeln so schnell gerechnet werden, daß man alle nötigen Berechnungen innerhalb weniger Abtastperioden unterbringen konnte. Zur weiteren Erhöhung der Rechengeschwindigkeit wurde das Prinzip der „verteilten Intelligenz“ verwendet. Mehrere Signalprozessoren bekommen von den beiden Steuerrechnern entsprechende Verarbeitungsbefehle zugeteilt, die sie dann parallel abarbeiten.

Beim digitalen Mischpultkonzept von Neve wird natürlich auch das Steckfeld durch digitale Systeme ersetzt. Interne Busse mit sehr hohen Taktraten verbinden die Prozessorplatinen untereinander. Anstatt „Stecken“ spricht man nunmehr von „Routing“, etwa mit „Ausgabe von Marschbefehlen“ übersetzbar. Ein ebenso einfaches wie wirkungsvolles Bussystem verbindet alle Eingänge und Ausgänge im Mischpult. Dabei werden die digitalen Tonsignale im Format 16 Bit + 4 Exponentenbits im Multiplexverfahren auf den Bus gegeben bzw. von diesem entnommen. Auf einigen Busleitungen werden die digitalen Tonsignale mit bis zu 32 Bit übertragen, was einem internen Dynamikbereich von 192 dB entspricht. Damit werden Spitzenpegel, die bei Filtern auftreten, wirksam abgefangen. Die Busleitungen werden mit etwa 7 MHz getaktet und sind in 128 Zeitscheiben eingeteilt. Jeder Prozessor, der ein Signal bearbeiten soll, bekommt vom Steuerrechner einen Hinweis, aus welcher „Schublade“ er sein Eingangssignal herausnehmen und in welcher „Schublade“ er sein Ergebnis wieder ablegen soll.

An dieser Stelle sollte darauf hingewiesen werden, daß sich die obigen Erläuterungen ausschließlich auf die Software beziehen. Das Mischpult besteht natürlich nicht aus Tausenden von Verzögerungsstufen oder Multiplizierern! Jedoch setzen Tausende von Programmzeilen diese Modelle und Formeln in Steuercode für alle Steuer- und Signalprozessoren um. Um die Prozessorkapazität optimal auszulasten, wird die „Arbeit“ immer wieder neu verteilt. Ein Prozessor, der eben noch ein Filter berechnet hat, kann einen Moment später schon wieder Pegelstellergruppen verwalten. Die Prozessoren werden während des Betriebes dauernd auf ihre Funktion überprüft und automatisch „ins Abseits“ gestellt, wenn irgendwelche Fehler auftreten. Der Toningenieur merkt davon nichts, solange die Betriebssicherheit des Mischpults nicht gefährdet ist.

„Ja, wie kann ich denn eigentlich ein bestimmtes Filter durchmessen?“ fragte neulich ein Mitarbeiter. „Gar nicht!“ lautete die lapidare Antwort eines Neve-Ingenieurs. Filter, Kompressoren, Begrenzer u. a. sind im digitalen Mischpult nicht mehr physikalisch als kompakte Kassette vorhanden, sondern

existieren nur noch als Programme in den Speichern des Rechners. Und diese laufen auch noch nach Jahren genauso exakt ab wie am Anfang und brauchen daher nicht gemessen zu werden.

Der Vorteil bei der Verwendung digitaler Filter ist die 100prozentige Abspeicherbarkeit aller Einstellungen, da die Filterkurven lediglich durch die oben erwähnten Koeffizienten bestimmt sind. Ein weiterer Vorteil ist die Stabilität der Filter. Die Bearbeitung der Signale benötigt manchmal mehrere Abtastperioden, so daß für die weniger aufwendigen Bearbeitungsprozesse Verzögerungen vom System vorgesehen werden müssen. Die Firma Neve bietet darüber hinaus Verzögerungsglieder als Bearbeitungseinheit im Mischpult an, die vom Toningenieur in jedem beliebigen Kanal programmiert werden können. Jede Verzögerung läßt sich im Bereich von etwa 41 Mikrosekunden bis zu 2,4 Sekunden einstellen. Damit ist es endlich möglich, bei der Verwendung vieler Mikrofonstützen ein naturgetreues Klangbild zu verwirklichen, indem zwischen Stütz- und Hauptmikrofon eine entsprechende Verzögerung eingefügt wird. Die Einstellung der Verzögerungen wird daher auf dem Bildschirm von der entsprechenden Entfernungsangabe in Metern begleitet, die dem Toningenieur umständliche Berechnungen erspart.

5. Bedienung des digitalen Mischpults

Die Horrorvision eines Mischpults, das sich nur noch mit einer Schreibmaschinentastatur bedienen läßt, auf der man z. B. eine ganze Reihe Befehle tippen müßte, nur um die Bässe um 4 dB anzuheben, hat die Firma Neve (Gott sei Dank!) nicht verwirklicht. Bis auf die rot leuchtenden alphanumerischen Anzeigen kann man noch nicht einmal von futuristischem Aussehen des Mischpults sprechen (**Bild 1**). Die eigentliche technologische Revolution des DSP-Systems findet nur im Innern des Mischpults und in den abseits stehenden Prozessorgestellen statt. Das Mischpult selbst dient nur noch zur Steuerung der zahlreichen Funktionen und deren Rückmeldungen. Es enthält nur noch digitale Bewegungsgeber, Tasten und alphanumerische Anzeigen. Modulationswege gibt es, abgesehen von Kommandowegen, im Mischpult nur symbolisch, nicht jedoch physikalisch. Die einzige Verbindung der Konsole zum Rest der Anlage ist ein Zweiweg-Glasfaserkabel, das etwa so dick ist wie ein Mikrofonkabel.

Das Zentrum des digitalen Mischpults ist die Zuweisungskonsole (**Bild 2**). Hier kann für jeden Kanal eine Grundeinstellung für Frequenzgang, Verstärkung und Anordnung im Signalweg zugewiesen werden. Hierzu sind zwei identische Sets von Bedieneinheiten angeordnet, mit denen für den angewählten Kanal die Grundeinstellung vorgenommen werden kann. Mit der über jedem Pegelsteller vorhandenen Access-Taste (Zugriffstaste) werden die Bedieneinheiten für Filter und dynamische Regeleinheiten angefordert und zeigen sofort die bisher eingestellten Parameter in übersichtlicher Weise mit Ziffern, Schriftzügen und farbigen Leuchtbalken an. Mit der doppelten Ausführung der Einheiten sind schnelle A-B-Vergleiche möglich bzw. kann ein bestimmter Kanal ständig „im Auge“ behalten werden.



Bild 1

Ansicht des DSP-Mischpults

Für alle weiteren Stellfunktionen, für Ausspielwege, Panorama oder Mikrofonverstärkung sind pro Kanalzug zwei Einheiten mit jeweils einem Drehegeber und zugehöriger Anzeige vorhanden: die sogenannten Function-Assignable-Controls. Die Funktionen dieser Einheiten sind entweder für das gesamte Mischpult oder für jeden Kanal frei programmierbar. Über die Funktionen, die den FAC-Einheiten gerade zugeteilt sind, geben alphanumerische Anzeigen deutlich Auskunft.

Zugegeben, dies klingt nicht sehr komfortabel. Man denkt sofort daran, wie man in einem solchen System die Übersicht über seine Einstellungen behalten soll. Jedoch nach einstimmiger Meinung aller englischen Kollegen, die sich am DSP-System einge-

arbeitet haben, ist gerade das Gegenteil der Fall. Informationen über Kanaleinstellungen können mit Access-Taste blitzartig sowohl auf dem Bedien-Panel als auch als Grafik auf dem Systemmonitor angezeigt werden. Dabei muß sich der Toningenieur nicht mehr, wie bisher, mit dem Stuhl an den Rand des Mischpults ziehen, wenn er am Kanal 48 arbeiten will, sondern er kann alle Einheiten von seiner zentralen Sitzposition in der Mitte der Stereobasis aus gut bedienen und übersehen und damit auch die klanglichen Auswirkungen seiner Tonbearbeitung besser beurteilen.

Zum besseren Verständnis der Bedienungsabläufe sollte man einmal den Weg eines Tonsignals vom Mikrofon bis zu den Ausgängen verfolgen:

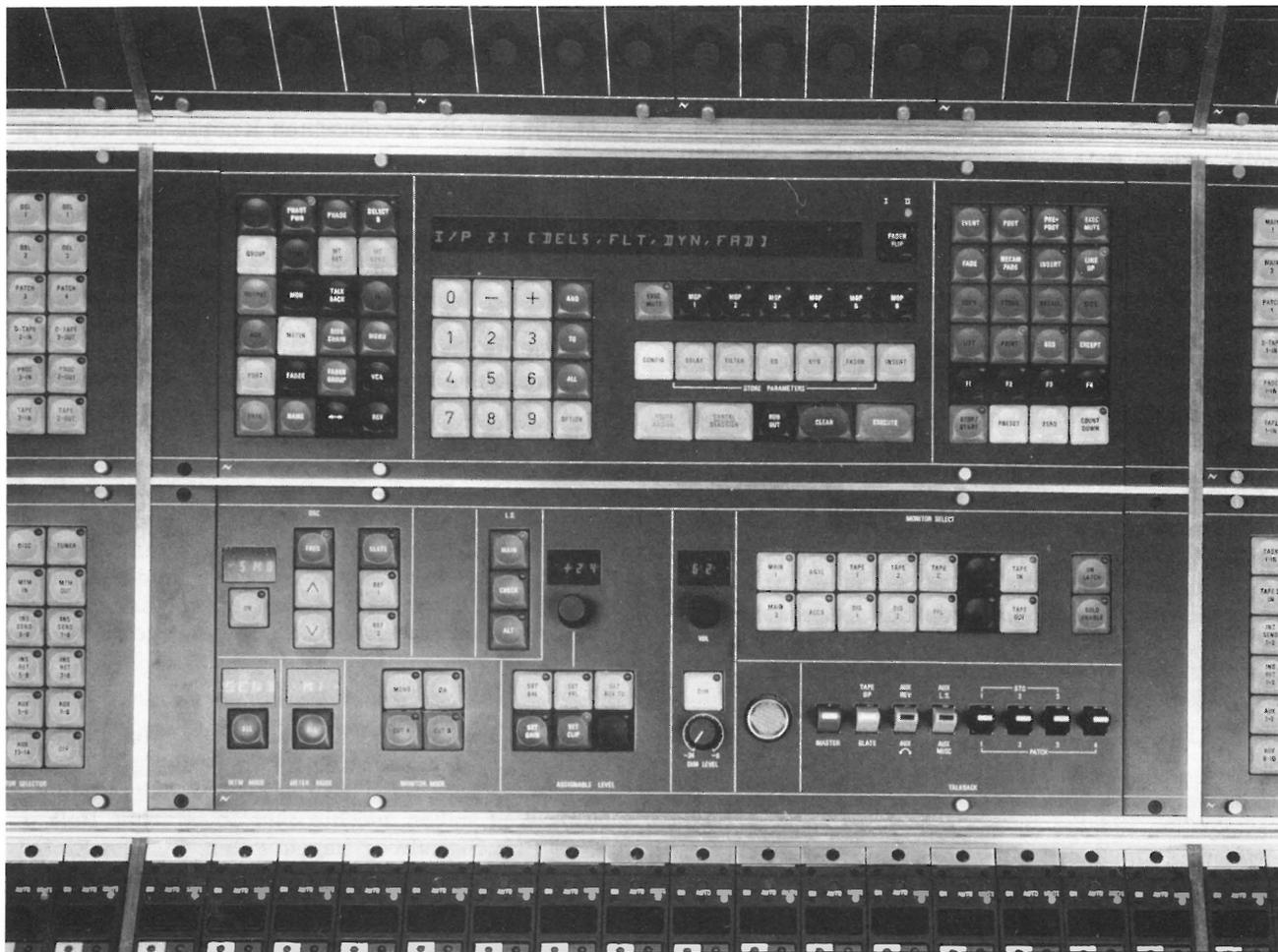


Bild 2
Die Zuweisungskonsole des DSP-Mischpults

5.1. Mikrofon-Eingangsboxen

Auf der Bühne befinden sich drei Input-Boxen, von denen jede 16 Mikrofon- oder Line-Eingänge enthält. Über eine A/B-Umschaltung können an einer Input-Box insgesamt 32 Mikrofone angeschlossen werden. Bereits in dieser Input-Box werden die Mikrofon-signale vorverstärkt und anschließend mit A/D-Wandlern in das übliche 16-Bit-Format gebracht. Da der Mikrofonverstärker einen höheren Dynamikbereich verarbeiten kann als der A/D-Wandler ($16 \times 6 \text{ dB} \approx 96 \text{ dB}$), wird eine ausgeklügelte Fenstertechnik verwendet, die die 16-Bit-Dynamik gegenüber der Dynamik des Mikrofonverstärkers verschiebt und damit „Headroom“ und Dynamik in optimalen Bereichen hält. Durch die Fenstertechnik erhält das Digitalsignal weitere Pegelinformationen in Form von 4 Exponentenbits, die den Dynamikbereich der Eingangsstufen damit auf 20 Bit ($\approx 120 \text{ dB}$) erweitern.

Die insgesamt 16 Mikrofon- (oder Line-)Signale pro Eingangsbox gehen, mit etwa 24,6 MHz im Zeitmultiplex, über ein einziges Glasfaserkabel zu den Prozessoren, wodurch sich als Nebenerscheinung eine vollkommene galvanische Trennung zwischen Bühne und Mischpult und natürlich auch zwischen den drei Eingangsboxen ergibt.

In den Input-Boxen sind ferner zwei Kommandowege in beiden Richtungen (mit 12 Bit digitalisiert) und zwei Rotlichtanschlüsse integriert. Vorverstärkung, Phasendrehung, Phantomspeisung und A/B-Umschaltung werden vom Mischpult aus ferngesteuert. Zusätzlich sind über jeder Eingangsboxe alphanumerische Anzeigen eingebaut, die im Klartext anzeigen, welches Instrument angeschlossen werden soll. Die Eingabe der Bezeichnungen kann über eine Tastatur entweder am Mischpult oder an der Input-Box selbst erfolgen. Übrigens sind diese Anzeigen überall dort im System vorhanden, wo das Signal irgendwie weiterverarbeitet wird: über den Pegelstellern, unter den Aussteuerungsmessern und in jeder Bedieneinheit. Damit gehört die oftmals chaotische Zettel- und Lassoband-Wirtschaft der Vergangenheit an. Wer doch noch an schriftlichen Aufzeichnungen hängt, kann sich alle Einstellungen und Belegungen in Tabellen auf einem Drucker ausdrucken lassen.

Das zweiadrige Glasfaserkabel, das die Input-Box mit dem System verbindet, kann auf dem Weg vom Prozessor zur Box auch noch maximal 16 Ausgänge transportieren, was sich durch einfaches Einstecken von entsprechenden Wandlerkarten bewerkstelligen läßt.

5.2. Start der Bedienung

Beim Systemstart sind insgesamt fünf Grundeinstellungen für das Mischpult wählbar. Diese Grundeinstellungen umfassen Voreinstellungen sämtlicher Parameter, die im gesamten System irgendwie einstellbar sind. Selbstverständlich kann der Toningenieur von diesen Grundeinstellungen aus am zentralen Bedienfeld weitere Programmierungen vornehmen oder weitere beliebige Einstellungen von einer Floppy-Disk laden.

Außerdem hat er die Möglichkeit, alle Einstellungen und Konfigurationen, die er im Laufe einer Sitzung macht, entweder im Hauptspeicher oder auf der Floppy-Disk abzuspeichern. So kann sich jeder Toningenieur im Handumdrehen sein eigenes Mischpult herstellen. Ob die Summen links, in der Mitte oder rechts liegen, ist beim digitalen Neve-Mischpult keine Frage mehr.

Die Tasten des zentralen Bedienfeldes sind übersichtlich in mehrere Funktionsblöcke aufgeteilt und die Syntax, mit der alle Eingaben gemacht werden, läßt vergessen, daß man eigentlich einen Computer bedient. Alle Befehlsfolgen sind so an gewohnte Arbeitsweise angepaßt, daß man sich sehr schnell an das System gewöhnt. Beispiel:

EINGANG 1 STECKEN AUF PEGELSTELLER 8

So etwa könnte ein Kommando lauten, dessen Sinn sich selbst erklärt. Die gesamte Kommunikation mit dem System erfolgt in englischer Sprache, die sich mittlerweile im Tonstudio- und Computerbereich fest etabliert hat. Ein 32 Zeichen großes Display gestattet es dem Benutzer, die eingegebenen Kommandos zu betrachten und zu editieren, bevor sie dann mit der Taste EXECUTE zum Prozessor abgesandt und ausgeführt werden.

5.3. Beispiele für den Verbindungsaufbau (Routing)

Um den Eingang 1 auf die Gruppe 2 zu schalten, ist folgende Befehlseingabe notwendig:

Eingabe: INPUT 1 ROUTE GROUP 2 EXECUTE

Genauso werden auch Ausspielwege definiert:

Eingabe: INPUT 1 ROUTE AUX 3

Display: INPUT 1 ROUTE TO AUX 3 (PRE)

Das Display fügt automatisch weitere Informationen hinzu und erinnert den Toningenieur an die zahlreichen zusätzlichen Optionen, die jeder Befehl hat, hier z. B. der Abgriff des Signals vor dem Pegelsteller. Will man jedoch hinter dem Pegelsteller abgreifen, dann drückt man die OPTION-Taste und das Display wechselt zu:

Display: INPUT 1 ROUTE TO AUX 3 (POST)

Neben dem „Stecken“ der Mikrofonwege, der Kanäle, der Gruppen oder Summen hat das zentrale Bedienfeld noch viele weitere Aufgaben. Zum Beispiel erlaubt es im NECAM-Modus, jede beliebige Anzahl von Pegelstellern zu Untergruppen zusammenzufassen, so daß, wenn ein Pegelsteller der Gruppe bewegt wird, alle anderen der Bewegung folgen, um so die eingestellte Balance in dieser Gruppe zu erhalten. Dabei werden keine besonderen Mischgruppen gebildet, sondern nur die Verstärkungen und Bewegungen der Steller verkoppelt. Als Beispiel für die gelungene Ergonomie des digitalen Misch-

pults von Neve sei dargestellt, wie einfach die Programmierung einer solchen Gruppe vor sich geht: Nach Eingabe des Kommandos zur Einrichtung einer Pegelstellergruppe braucht man zur Auswahl der Pegelsteller nur die gewünschten Knöpfe mit dem Finger zu berühren. Sollte innerhalb einer solchen Gruppe das Verhältnis der Pegelsteller zueinander geändert werden, so brauchen nur mindestens zwei dieser Steller mit den Fingern berührt zu werden. Damit wird die Kopplung vorübergehend aufgehoben.

Möglich werden solche Funktionen nur durch die Verwendung von motorgetriebenen Pegelstellern, die die Firma Neve bekannt gemacht hat. Für das DSP-System hat man die gesamte Mechanik neu überarbeitet. Die neue Mechanik entkoppelt den Pegelsteller völlig vom Antriebsmechanismus, wenn er nicht von den Prozessoren bewegt wird. Der Knopf des Pegelstellers ist dazu als Sensorfläche ausgebildet und reagiert auf Berührung durch die Hand. So werden auch Konflikte vermieden, wenn beide „Kontrahenten“, der Prozessor und der Toningenieur, einmal gleichzeitig versuchen sollten, den Pegelsteller zu bewegen.

5.4. Konfiguration von Kanalzügen

Mit der Taste CONFIG werden Kanalzüge konfiguriert, d. h. man legt für einen beliebigen Signalweg fest, welche Bearbeitungsmöglichkeiten man in diesem Weg haben möchte und in welcher Reihenfolge sie im Signalweg liegen sollen. Zu den Einheiten gehören Verzögerung, Filter, Equalizer, Begrenzer/Kompressor, Expander, Noise-Gate, Pegelsteller und einsetzbare analoge „Trennklinke“. Alle Einheiten können natürlich auch zu Stereopärchen verbunden werden, die dann mit nur einer Bedieneinheit eingestellt und mit völlig gleichlaufenden Parametern versehen werden können.

Hat man nun das gewünschte Kommando auf dem Display erstellt, wird mit EXECUTE die Funktion ausgeführt. Gleichzeitig erscheint auf dem Farbmonitor ein Blockschaltbild für den gerade konfigurierten Kanal. Deutlich erkennbar sind einzelne Filter, Kompressoren, Delay-Stufen oder was immer programmiert ist. Alle eingestellten Parameter werden mit Zahlenangaben oder z. B. bei den Filtern mit kleinen Kurvenzügen dargestellt, an denen der Verlauf der Filterkurve sichtbar ist.

In der WDR-Spezifikation gestattet das digitale Neve-Mischpult den Einsatz von maximal

- 128 Pegelstellerfunktionen
- 48 Mikrofoneingängen
- 48 Delay-Stufen
- 48 Filtern, Equalizern
- 48 Kompressoren/Begrenzern
- 48 Expandern und
- 48 Noise-Gates.

Bei den Pegelstellern ist zu ergänzen, daß im Mischpult physikalisch nur 56 Pegelsteller eingebaut sind. Jedoch kann man auf verschiedene Arten einzelne Pegelsteller oder ganze Gruppen von Pegelstellern in den Hintergrund verlegen, wenn sie zeitweise nicht gebraucht werden und wo sie natürlich weiterarbeiten. Mit der Taste FADER-FLIP I/II kann man die ganze Pegelstellerreihe des Mischpults

auf eine 2. Bank umschalten; mit der Taste SCI (= SOURCE) in jedem Pegelsteller kann man einzelne, „untereinanderliegende“ Kanäle aufrufen. Auf diese Weise hat man die Möglichkeit, zwei komplette, voneinander unabhängige „Mischpulte“ zu programmieren. Dadurch erspart man sich Zusatzmischpulte, wie sie z. B. zum Abhören bei Mehrspurproduktionen gebräuchlich sind.

5.5. Mischpult-Speichersystem

Zu den Leckerbissen des digitalen Mischpults von Neve gehören die umfangreichen Abspeicherungsmöglichkeiten, die im folgenden beschrieben werden. Die Bedienungselemente für die Speicherfunktionen befinden sich im zentralen Bedienfeld (Assignment-Panel).

Sowohl im Hauptspeicher als auch auf der Floppy-Disk befinden sich dazu insgesamt 5 Speicherblöcke. In den ersten 4 Speichern können sogenannte Schnappschüsse des gesamten Systems abgespeichert werden. In nur 10 Sekunden kann man eine völlig andere Konfiguration aus dem Speicher oder von der Floppy-Disk abrufen. Diese lang erscheinende Zeit resultiert aus den umfangreichen Kommunikationen, die der Steuerrechner dabei mit der gesamten Peripherie des Systems durchführt. Die meiste Zeit benötigt der Datenverkehr der Prozessoren mit den Stage-Boxen und dem Mischpult, der seriell mit 20 Mbit über Glasfaserkabel erfolgt. Alle Ausgänge werden bei diesem umfangreichen Datenverkehr stummgeschaltet.

Der 5. Speicherblock ist unterteilt in 127 einzelne Segmente. In jedem Segment lassen sich in vielfältiger Weise spezielle Parameter des Mischpults abspeichern, z. B. alle 56 Pegelsteller-Positionen oder Filtereinstellungen einer spezifizierten Gruppe von Kanälen. Der Aufruf dieser „kleineren“ Speicher erfolgt in Sekundenbruchteilen und kann daher auch während einer Live-Sendung durchgeführt werden.

Alle Speicher erhalten beim Abspeichern das aktuelle Tagesdatum und die Uhrzeit, ferner läßt sich zusätzlich ein 30 Zeichen langer Name einfügen. Mit der LIST-Taste kann man sich auf dem Bildschirm ein Inhaltsverzeichnis aller Speicher auflisten lassen.

Mit den Speicherbefehlen können nicht nur Daten zur späteren Verwendung abgespeichert werden, sondern es können auch während des Betriebes Einstellungen innerhalb des Mischpults kopiert werden. Damit lassen sich für einen oder mehrere Kanäle die Einstellungen für Filter, Limiter oder Mikrofonverstärkung in einen beliebigen anderen Bereich kopieren (z. B. 80-Hz-Tiefensperre in allen Eingängen). In vielen Live-Situationen mit mehreren großen Orchestern ist es sinnvoll, zu bestimmten Zeitpunkten fortlaufende Einstellungen aus dem Speicher abzurufen. So kann die Buchführung völlig entfallen, wenn in der Probe für einzelne Abschnitte die Einstellungen abgespeichert werden. Das System kann hierfür im sogenannten sequentiellen Modus so programmiert werden, daß bestimmte Parameter automatisch in fortlaufende Speicherbereiche abgelegt werden. Später, bei der Live-Sendung, können diese Abspeicherungen in der gleichen Reihenfolge wieder abgerufen werden.

Das System bietet dem Toningenieur unzählige Möglichkeiten, Listen, Grafiken und Blockschaltbilder über fast alle Systemteile auf einem Farbmonitor oder auf einem Drucker auszugeben. Mit dem LIST-Befehl kann man sich jede nur denkbare Information über den augenblicklichen Systemzustand auf dem Bildschirm anzeigen lassen. Diese Listen beinhalten u. a.

- Inhaltsverzeichnisse der Speicher oder der Floppy-Disk,
- Speichersequenzen im sequentiellen Modus,
- Tabellen aller Gruppen oder Summen,
- Tabellen aller Ausspielwege,
- Tabellen über Mehrspurbelegungen,
- Blockschaltbilder des Systems,
- Blockschaltbilder der Kommandoanlage,
- Liste von defekten Platinen,
- Route-Liste aller Eingänge,
- bestimmte Einstellungen (z. B. ob die Vorhörtasten sich gegenseitig auflösen oder ob sie einen Mix bilden sollen, oder ob bei Fehlbedienungen eine Hupe ertönen soll usw.).

Beispiel:

Eingabe: LIST GROUP

Bildschirm: Liste aller programmierten Gruppen.

Mit der PRINT-Taste können fast alle Ausgaben, die mit der LIST-Funktion auf dem Bildschirm ausgegeben werden, auch auf dem Systemdrucker ausgedruckt werden.

5.6. Aussteuerung

Das DSP-Mischpult ist zur Pegelüberwachung mit insgesamt 56 hochauflösenden Aussteuerungs-Balkenanzeigen ausgerüstet, die über den 56 Pegelstellern angeordnet sind. Es besteht die Wahlmöglichkeit unter folgenden Aussteuerungsmesser-Charakteristiken:

- Spitzenspannungsmessung (Integrationszeit 10 ms nach DIN 45 406)
- VU-Anzeige.

In der Helligkeit abgestuft lassen sich jeweils zwei Charakteristiken gleichzeitig darstellen; dies bietet dem Toningenieur einmal die gewohnte Anzeige (PEAK oder VU) und gibt darüber hinaus die Gelegenheit, die echten Spitzen beobachten zu können, was bei der digitalen Tontechnik von großer Bedeutung ist, weil im Gegensatz zu Geräten mit analoger Tonsignalverarbeitung eine absolute Aussteuerungsgrenze durch den größtmöglichen Digitalwert 7 FFFH vorgegeben ist, die nicht überschritten werden kann. Bei der Umsetzung der analogen in digitale Signale (resp. umgekehrt) wird der Aussteuerungsgrenze durch Verstärkung oder auch Abschwächung der analogen Signalspannung ein bestimmter Spannungswert zugewiesen, der im WDR-Konzept ähnlich wie bei digitalen Tonbandmaschinen auf 24 dBu festgelegt wurde. Dementsprechend sind auch die Skalen der Aussteuerungsmesser beschriftet. Dies bedeutet einerseits, daß die Verstärkung der Mikrofonverstärker höher als bei konventionellen Pulten eingestellt werden muß und andererseits, daß die Spannung an den analogen Ausgängen angepaßt werden muß, sobald man analoge Tonbandmaschinen oder

Leitungen mit dem im Funkhaus üblichen Nennpegel von +6 dBu versorgt.

5.7. Tonträger

Das aufgenommene und digital bearbeitete Ton-signal wird im WDR-Konzept natürlich auch digital aufgezeichnet. Dazu stehen im getrennten Tonträger-raum insgesamt folgende Geräte zur Verfügung:

1 24-Spur-Tonbandmaschine SONY PCM-3324, die mit allen Ein- und Ausgängen direkt digital angeschlossen wird;

2 Prozessoren SONY PCM-1630, die über je einen Abtastratenwandler Studer SFC-16 mit einem Stereo-signal des Mischpults versorgt werden. Der Abtastratenwandler ist nötig, weil das Mischpult mit 48 kHz Sampling-Frequenz, die SONY-Prozessoren jedoch mit 44,1 kHz arbeiten. An jedem Prozessor sind zwei U-Matic-Recorder des Typs SONY DMR-2000 angeschlossen, um einerseits Überlappungen und andererseits Doppelaufzeichnung zur einfacheren Durchführung des Digitalschnitts zu erlauben. NTSC-Monitore zeigen das Videosignal als Muster an und geben Informationen z. B. über Aussteuerung oder Emphasis.

Schließlich wird noch der digitale Schnittplatz DAE-1100 integriert, da der Großteil der dafür benötigten Geräte bereits im Tonträger-raum vorhanden ist. Um mit dem Rest der WDR-Technik kompatibel zu sein, besitzt der Tonträger weiterhin zwei analoge Tonbandmaschinen M15-A von Telefunken. Alle übrigen Funktionen des Tonträger-raums sind identisch mit bekannten analogen Konzepten.

Die Anzahl der Ein- und Ausgänge des digitalen Mischpults wurde vom WDR bis an die Grenze der Prozessorkapazität ausgenutzt:

48 analoge Mikrophon- bzw. Line-Eingänge
(mit A/B-Umschaltung = 96)

32 digitale Ein- und Ausgänge im AES/EBU-Format für 24-Spur-Maschine und U-Matic

8 analoge Einschleifpunkte mit jeweils Ein- und Ausgang

14 analoge Ausspielwege

2 Stereo-Ausgänge für Postleitungen

3 Stereo-Ein- und Ausgänge für analoge Tonbandmaschinen.

Im April 1986 begann die Installation des Mischpults im neuen Studio. Nach den anschließenden Abnahmemessungen wurde den Mitarbeitern der Hörfunktechnik in mehreren Kursen, die von den Ingenieuren der Firma Neve abgehalten wurden, Gelegenheit geboten, sich mit der neuen Technik vertraut zu machen. Im September 1986 wird neben der Einweihung des neuen Konzertsaaus auch der mutige Sprung des WDR-Hörfunks in die Zukunft der Tonübertragung gefeiert werden.

SCHRIFTTUM

- [1] McNally, G. W.: A computer-based mixing and filtering system for digital sound signals. BBC-Report BBC RD 1979/4.
[2] McNally, G. W.: Audio processing for the BBC digital control vehicle. Intern. Broadcast Eng. (May 1984), S. 67 bis 76.

Die Autoren



Dipl.-Toningenieur Christoph Gronarz (36) studierte am Robert-Schumann-Institut der Rheinischen Musikhochschule und an der Fachhochschule Düsseldorf im Fachbereich Ton und Bild.

Seit 1973 ist er beim WDR Köln beschäftigt. Zur Zeit arbeitet er in der Außenübertragungstechnik auf großen Ü-Wagen und hilft bei der Planung neuer digital-technischer Ausrüstungen.



Ing. (grad.) Dieter Becker (49) studierte Nachrichtentechnik an der Staatlichen Ingenieurschule Köln. Seit 1962 ist er Mitarbeiter in der Hörfunktechnik des Westdeutschen Rundfunks. Als 1. Programmingenieur liegt sein Arbeitsbereich heute vorwiegend in der Musikproduktion.

PSYCHOAKUSTISCHE EXPERIMENTE ZUR HÖRBARKEIT VON ALIASING-VERZERRUNGEN¹

VON GERHARD STOLL UND PETER URBAN

Manuskript eingegangen am 4. Juli 1986

Digitale Tonübertragung

Zusammenfassung

Mittels psychoakustischer Experimente wurde die Wahrnehmbarkeit von Aliasing-Verzerrungen, die bei einer Abtastung (z. B. A/D-Wandlung) kontinuierlicher Tonsignale entstehen, unter Verwendung der Methode des Paarvergleichs untersucht. Dabei wurden Tonfolgen einzelner Instrumente sowie Ausschnitte von Sprach- und Musikaufnahmen unter Verwendung von Tiefpaßfiltern verschiedener Grenzfrequenzen und Flankensteilheiten mit Frequenzen von 24 bis 48 kHz abgetastet.

Die Ergebnisse der Hörversuche zeigen, daß eine deutliche Hörbarkeit von Aliasing-Verzerrungen bei den Einzeltönen erst bei einer Reduktion der Abtastfrequenz auf 24 kHz bei einer Beibehaltung der Bandbreite von 20 kHz auftritt. Die mit den Musikausschnitten gewonnenen Ergebnisse bestätigen im wesentlichen die Resultate der Einzelinstrumente. Bei völligem Verzicht auf ein Tiefpaßfilter treten bei einer Abtastfrequenz von 48 kHz in keinem Fall wahrnehmbare Verzerrungen auf, während bei einer Reduktion der Abtastfrequenz auf 32 kHz und einer Grenzfrequenz von 15 kHz ein Tiefpaßfilter 6. Grades notwendig ist. Die Ergebnisse zeigen außerdem, daß insbesondere zeitlich stationäre Schalle mit tonalen Komponenten und starken Energieanteilen bei hohen Frequenzen bezüglich der Hörbarkeit der Verzerrungen kritisch sind.

Eine allgemeingültige Aussage über die Wahrnehmung von Aliasing-Verzerrungen ist mittels einer rein meßtechnischen Bestimmung der in den Hörbereich gefalteten Verzerrungsprodukte nicht möglich. Hierzu ist vielmehr eine gehörbezogene Schallanalyse notwendig, die die Empfindungsgrößen des Gehörs berücksichtigt.

Summary Psycho-acoustic tests on the audibility of aliasing components

Psycho-acoustic tests have been done using the A/B comparison method to determine the perceptibility of aliasing components generated during sampling of continuous audio signals, as in analogue-to-digital converters for example. Passages of music by solo instruments, and extracts from recordings of music and speech, have been analysed with low-pass filters having a variety of cut-off frequencies and slopes, at sampling frequencies between 24 and 48 kHz.

The results of listening tests indicate that the aliasing components are not clearly audible on the solo instruments other than in the case where the sampling frequency is reduced to 24 kHz whilst retaining a bandwidth of 20 kHz. In general, tests with musical passages match those with solo instruments. If there is no low-pass filter at all, there is no perceptible distortion with a sampling frequency of 48 kHz, whereas if this frequency is reduced to 32 kHz, with a cut-off of 15 kHz, a six-level low-pass filter has to be used. The results also indicate that temporally stationary sound with tonal components and high energy content is critical, at high frequencies, as regards the audibility of the distortion.

No general rule can be given regarding the perceptibility of aliasing components on the basis of a purely theoretical evaluation of distortion products folded back into the audible frequency range. For this purpose use would better be made of an auditive acoustical analysis taking account of the sensitivity of the human ear.

Sommaire Essais psycho-acoustiques d'audibilité de composantes parasites

Des essais psycho-acoustiques ont été réalisés selon la méthode de comparaison par paires pour déterminer la perceptibilité des composantes parasites présentes en cas d'échantillonnage de signaux audio continus, par exemple pour une conversion analogique-numérique. Des séquences d'instruments solistes, ainsi que des extraits d'enregistrements parlés et musicaux ont été analysés avec des filtres passe-bas à différentes fréquences de coupure et pentes de flanc avec des fréquences entre 24 et 48 kHz.

Les résultats des essais d'écoute indiquent que les composantes parasites ne sont nettement audibles sur les solos qu'en cas de réduction de la fréquence d'échantillonnage à 24 kHz en conservant la bande passante de 20 kHz. Les résultats obtenus avec les extraits musicaux confirment dans l'ensemble ceux des solos. En l'absence totale de filtre passe-bas, aucune distorsion perceptible ne se produit avec une fréquence d'échantillonnage de 48 kHz tandis que, si l'on réduit cette fréquence à 32 kHz avec une fréquence de coupure de 15 kHz, il faut recourir à un filtre passe-bas de niveau 6. Les résultats permettent en outre de constater que des sons stationnaires dans le temps avec des composantes tonales et de fortes composantes énergétiques sont, à hautes fréquences, critiques en ce qui concerne l'audibilité des distorsions.

Une déclaration universelle sur la perception des composantes parasites, fondée sur une évaluation purement technique des produits de distorsion repliés dans la gamme des fréquences audibles, n'est pas possible. On procédera plutôt à cet effet à une analyse acoustique audible qui tienne compte des caractéristiques sensorielles de l'ouïe.

1. Einleitung

Grundlage der digitalen Codierung eines zeitkontinuierlichen Signals bildet das Abtasttheorem für Zeitvorgänge nach Shannon [1]. Es gibt die Regeln an, nach denen vorzugehen ist, um den zeitlichen Verlauf eines Signals beschränkter Bandbreite durch

Werte bei diskreten Zeiten darzustellen oder das zeitkontinuierliche Signal aus den diskreten Werten wieder vollständig zu rekonstruieren. In der Praxis läßt sich das zwar nicht mathematisch exakt, mit einigem Aufwand aber doch in sehr guter Näherung erfüllen. Bei Nichtbeachtung dieser Forderung ergeben sich bei der Rückwandlung in ein zeitkontinuierliches Signal die sogenannten Aliasing-Verzerrungen, das sind Verzerrungsprodukte, die spiegel-symmetrisch um die Abtastfrequenz liegen und de-

¹ Überarbeitetes Manuskript eines Vortrages, gehalten auf der 7. Fachtagung Hörrundfunk der Nachrichtentechnischen Gesellschaft (NTG) in Mannheim, 12. bis 14. November 1985.

ren Vielfache in das Originalsignal hineingefaltet werden. Bei den derzeit verwendeten A/D-Wandlern und digitalen Aufzeichnungsgeräten werden sehr steilflankige Tiefpässe verwendet. Die gleichen Filter werden auch nach der D/A-Wandlung als „Anti-Image-Filter“ verwendet, um die unerwünschten hochfrequenten um die Harmonischen der Abtastfrequenz gefalteten Originalsignale zu unterdrücken.

Einerseits sind diese Filter notwendig, um nicht-lineare Verzerrungen zu vermeiden, andererseits produzieren solche Filter mit großen Flankensteilheiten jedoch lineare Verzerrungen, vor allem im Bereich der Grenzfrequenz [2, 3, 4, 5]. Diese Verzerrungen wirken sich sowohl auf den Amplitudengang (Ripple im Durchlaßbereich) als auch auf den Phasengang aus. Kritisch können solche Verzerrungen dann werden, wenn aufgrund einer niedrigen Abtastfrequenz eine niedrige Grenzfrequenz eingehalten werden muß, oder durch Summation bei mehrmaligem Umsetzen, weil z. B. nur Teilstrecken für die Übertragung eines in digital codierter Form vorliegenden Signals zur Verfügung stehen.

Nach jahrelangem Bemühen um eine einheitliche Abtastfrequenz zeichnet sich für den Tonstudiobereich die Verwendung von 48 kHz ab bei einer Tiefpaßfilterung des Signals auf 20 kHz. Die Abtastfrequenzen 44,1 bzw. 44,056 kHz werden hauptsächlich im kommerziellen Bereich (Compact Disc) verwendet. Daneben hat auch die Abtastfrequenz 32 kHz, welche im PCM-Tonsignalsystem der Bundespost zur Übertragung von Hörfunkprogrammen eingesetzt wird, eine große Bedeutung in Europa und auch in Japan als Standard für die Tonsignalübertragung auf Postleitungen erlangt [6]. Hierbei werden sehr steilflankige Filter (LC-Filter 15. Ordnung) mit einer Grenzfrequenz von 15 kHz eingesetzt. Für die verwendeten Filter gilt es, einen optimalen Kompromiß aus Aufwand und möglichst wenig nichtlinearen und linearen Verzerrungen zu erzielen.

In der vorliegenden Arbeit wird durch psychoakustische Experimente untersucht, inwieweit bei der Abtastung von natürlich erzeugten Schallsignalen unter Verletzung des Abtasttheorems die vorhandenen nichtlinearen Verzerrungen hörbar werden. Es wird untersucht, ob es erforderlich ist, die durch das Abtasttheorem geforderte Bandbegrenzung des analogen Signals streng einzuhalten, oder ob man unter Berücksichtigung der Wahrnehmungsfähigkeit des Gehörs davon in gewissen Grenzen abweichen kann. Auf die Untersuchung synthetischer bzw. auf das Schallsignal zusätzlich einwirkende Störkomponenten wurde verzichtet, da in diesem Fall das Versuchsergebnis in starkem Maße von den willkürlich gewählten Eigenschaften des Schallsignals oder der Frequenz der Störkomponente selbst abhängig ist.

2. Theoretische Grundlagen

Bei der Abtastung kontinuierlicher Zeitfunktionen können Aliasing-Verzerrungen nur dann vermieden werden, wenn das Abtasttheorem für zeitliche Vorgänge, ein von C. E. Shannon [1] in die elektrische Nachrichtentechnik eingeführter Lehrsatz, beachtet wird. Dieser besagt, daß eine Zeitfunktion, deren

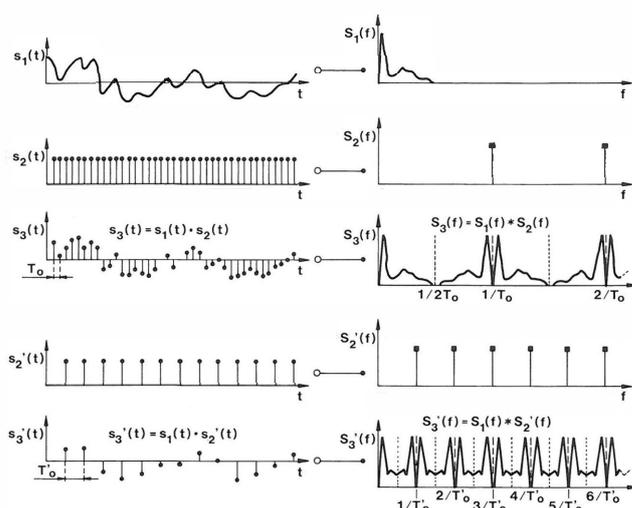


Bild 1

Schematische Darstellung der Abtastung eines Sprachlauts im Zeit- und Frequenzbereich:

Oben: kontinuierliche Zeitfunktion $s_1(t)$ des auf die Bandbreite $B_0 < 1/(2T_0)$ begrenzten Sprachlauts

Mitte links: diskrete Zeitfunktion $s_3(t)$, wobei $s_1(t)$ mit einer Frequenz $f_{t1} = 1/T_0$ abgetastet wird

Mitte rechts: Spektralverlauf $S_3(f)$ der mit f_{t1} abgetasteten Zeitfunktion $s_3(t)$

Unten links: diskrete Zeitfunktion $s_3'(t)$, wobei die Abtastfrequenz gegenüber f_{t1} um den Faktor 3 reduziert wurde

Unten rechts: zugehöriger Spektralverlauf $S_3'(f)$, wobei aufgrund der Überlappung der Spektren des Sprachlauts Aliasing-Verzerrungen auftreten

Spektrum nur Teilschwingungen in einem Frequenzbereich von $-B_0$ bis $+B_0$ umfaßt, dann vollständig bestimmt ist, wenn ihre Werte zu den diskreten Zeitpunkten $n \cdot T_0 = n/(2 \cdot B_0)$ vorhanden sind. Diese diskreten Werte sind bestimmt durch die Amplituden der einzelnen Teilschwingungen des Spektrums unter der Voraussetzung, daß diese in ihrer Frequenz periodisch fortgesetzt angenommen werden können.

In ähnlicher Form gilt auch das Abtasttheorem für spektrale Verläufe, wobei hier das Spektrum einer innerhalb eines bestimmten Zeitraums $-t_0 \leq t \leq +t_0$ beschränkten Zeitfunktion vollständig bestimmt ist, wenn die Spektralwerte bei den diskreten Frequenzen $n \cdot f_0 = n/(2 \cdot t_0)$ bekannt sind.

Zur Verdeutlichung der Abtastung und Rekonstruktion eines zeitlich kontinuierlichen Vorganges ist in **Bild 1** die Abtastung der Zeitfunktion $s_1(t)$ eines Sprachlauts schematisch dargestellt. Zur Vereinfachung sind nur die positiven Halbachsen für die Zeit- und Spektralverläufe aufgezeichnet. Es sei angenommen, daß das Spektrum dieses Sprachlauts (oben rechts) auf die Bandbreite $B_0 < 1/(2T_0)$ streng begrenzt ist. Diese Zeitfunktion wird mit der Abtastfrequenz $f_{t1} = 1/T_0$ abgetastet. Das Spektrum $S_3(f)$ der abgetasteten Zeitfunktion ergibt sich aus der Faltung der ganzzahligen Vielfachen der Abtastfrequenz mit dem tiefpaßbegrenzten Spektralverlauf des Sprachlauts (Mitte rechts). Da sich in dieser periodischen Spektralfunktion die um die Vielfachen der Abtastfrequenz gefalteten Seitenbänder aufgrund

der Beachtung des Abtasttheorems nicht überschneiden, treten keine Aliasing-Verzerrungen auf. Mit der zu dieser periodischen Spektralfunktion gehörenden Zeitfunktion $s_3(t)$, d.h. mit den zu den äquidistanten Zeitpunkten $n \cdot T_0$ vorhandenen Abtastwerten (Mitte links) wird bei idealer Tiefpaßfilterung mit einer Grenzfrequenz von $f_g = 1/(2 \cdot T_0)$ die ursprüngliche kontinuierliche Zeitfunktion $s_1(t)$ vollständig rekonstruiert.

Obwohl bei der Rückwandlung des diskreten in ein kontinuierliches Zeitsignal bei nichtvorhandenem Tiefpaß keine Aliasing-Verzerrungen entstehen können, wird bei der Rückwandlung ein Tiefpaßfilter benutzt. Denn ohne Tiefpaß können, bedingt durch die hochfrequenten Faltprodukte, sowohl subjektive Beeinträchtigungen entstehen (vor allen Dingen bei niedrigen Abtastfrequenzen) als auch Intermodulationsverzerrungen in nachgeschalteten Verstärkermodule auftreten. Damit diese Effekte unterdrückt werden, wird hierzu ein Tiefpaßfilter verwendet, das auch als Anti-Image- oder Interpolationsfilter bezeichnet wird.

In der unteren Hälfte von **Bild 1** ist eine weitere Abtastung derselben Zeitfunktion $s_1(t)$ mit einer auf $f_{t2} = 1/3 \cdot f_{t1}$ reduzierten Frequenz dargestellt. Da in diesem Fall das Abtasttheorem nicht mehr eingehalten wird ($f_{t2} < 2 \cdot B_0$), überschneiden sich in der periodischen Spektralfunktion $S_3(f)$ die um die Vielfachen der Abtastfrequenz gefalteten Seitenbänder. Dieser Effekt wird „Aliasing“ genannt und bewirkt durch die Überlappung der Spektralbereiche je nach gewählter Abtastfrequenz vorwiegend im Bereich hoher Frequenzen innerhalb des Spektrums des Sprachlauts nichtlineare Verzerrungen (**Bild 1**: unten rechts).

Bei der Rückwandlung der zu den äquidistanten Zeitpunkten $n \cdot T_0' = n \cdot 3T_0$ vorhandenen Abtastwerten der Zeitfunktion $s_3'(t)$ kann aufgrund der durch die Unterabtastung entstandenen Aliasing-Verzerrungen auch bei Verwendung eines idealen Anti-Image-Tiefpasses das Originalsignal $s_1(t)$ nicht mehr vollständig rekonstruiert werden.

Daß bei strikter Einhaltung der Regeln des Abtasttheorems eine kontinuierliche Zeitfunktion $s_1(t)$ nach einer Abtastung mit einer Frequenz f_t „mathematisch exakt“ wiederhergestellt werden kann, soll im folgenden gezeigt werden.

Gegeben sei z. B. die Zeitfunktion $s_1(t)$ von **Bild 1** (oben links), deren Spektrum innerhalb des Frequenzbereichs B_0 bandpaßbegrenzt ist. Diese Funktion ist somit durch das endliche Fourierintegral

$$s_1(t) = \int_{-B_0}^{+B_0} S_3(f) \cdot e^{j2\pi ft} df \quad (1)$$

darstellbar. Die in Gleichung (1) enthaltene Spektralfunktion $S_3(f)$ wird periodisch mittels einer Fourierreihe mit ganzzahligen Vielfachen des Frequenzintervalls $\Delta f = 2 \cdot B_0$ fortgesetzt. Damit erhält man die Reihe

$$S_3(f) = \sum_{n=-\infty}^{+\infty} K_n \cdot e^{-j2\pi n \frac{f}{2B_0}} \quad (2)$$

Somit läßt sich die Zeitfunktion $s_1(t)$ folgendermaßen darstellen:

$$s_1(t) = \sum_{n=-\infty}^{+\infty} K_n \cdot \int_{-B_0}^{+B_0} e^{j2\pi f \left(t - \frac{n}{2B_0} \right)} df \quad (3)$$

Das begrenzte Integral liefert den Wert

$$\begin{aligned} \int_{-B_0}^{+B_0} e^{j2\pi f \left(t - \frac{n}{2B_0} \right)} df &= \frac{\sin 2\pi B_0 \left(t - \frac{n}{2B_0} \right)}{\pi \left(t - \frac{n}{2B_0} \right)} \\ &= 2B_0 \cdot \text{si} \left[2\pi B_0 \left(t - \frac{n}{2B_0} \right) \right] \\ &= \frac{1}{T_0} \text{si} \left[\pi \frac{t - nT_0}{T_0} \right], \end{aligned} \quad (4)$$

wobei

$$T_0 = \frac{1}{2B_0} \quad (5)$$

Nachdem in der Zeitfunktion $s_1(t)$ das begrenzte Integral durch die si-Funktion (Gleichung 4) ersetzt wurde, erhält man

$$s_1(t) = 2B_0 \cdot \sum_{n=-\infty}^{+\infty} K_n \cdot \text{si} \left[\pi \frac{t - nT_0}{T_0} \right] \quad (6)$$

Die Entwicklungskoeffizienten K_n sind für die jeweiligen Werte $t = n \cdot T_0$, für die die si-Funktion den Wert 1 annimmt, bestimmt zu

$$K_n = \frac{s_3(nT_0)}{2B_0}, \quad (7)$$

d. h. bis auf einen Faktor $1/(2 \cdot B_0)$ mit den Abtastwerten identisch. Somit ergibt sich für $s_1(t)$ als endgültige Darstellung aus den Gleichungen (6) und (7)

$$s_1(t) = \sum_{n=-\infty}^{+\infty} s_3(nT_0) \cdot \text{si} \left[\pi \frac{t - nT_0}{T_0} \right] \quad (8)$$

Dies ist die mathematische Darstellung des Abtasttheorems für zeitliche Vorgänge. In entsprechender Weise läßt sich auch das Abtasttheorem für spektrale Verläufe herleiten.

Um die Zeitfunktion $s_1(t)$ am Ende der digitalen Übertragungsstrecke wieder vollständig wiederzugewinnen, muß die übertragene Impulsfolge beim Empfang durch einen idealen Tiefpaß mit der Übertragungsfunktion

$$S(f) = \begin{cases} 1 & \text{für } -B_0 \leq f \leq B_0 \\ 0 & \text{sonst.} \end{cases} \quad (9)$$

gefiltert werden. Eine exakte Realisierung ist nur bei unendlicher Verzögerung des Signals möglich. Daher kann eine Realisierung in der Praxis nur mit Näherungen erfolgen.

Eine theoretische, mathematisch exakte Lösung ist folgendermaßen möglich: Die zeitlich diskrete, in äquidistanten Zeitabschnitten abgetastete Funktion $s_3(n \cdot T_0)$ besitzt das Spektrum

$$S_3(f) = \sum_{n=-\infty}^{+\infty} \frac{s_3(nT_0)}{2B_0} \cdot e^{-j2\pi n \frac{f}{2B_0}} \quad (10)$$

Durch den idealen Tiefpaß S(f) wird ein bandbegrenztes Spektrum

$$S_1(f) = S(f) \cdot S_3(f) \quad (11)$$

erzeugt. Nach Rücktransformation in den Zeitbereich erhält man unter Berücksichtigung des idealen Tiefpasses

$$s_1(t) = \int_{-\infty}^{+\infty} S(f) \cdot S_3(f) \cdot e^{j2\pi ft} df$$

$$= \int_{-B_0}^{+B_0} S_3(f) \cdot e^{j2\pi ft} df \quad (12)$$

Ersetzt man nun S₃(f) durch die entsprechende Reihenentwicklung (Gleichung 2), so erhält man

$$s_1(t) = \int_{-B_0}^{+B_0} \sum_{n=-\infty}^{+\infty} \frac{s_3(nT_0)}{2B_0} \cdot e^{-j2\pi n \frac{f}{2B_0} + j2\pi ft} df$$

$$= \sum_{n=-\infty}^{+\infty} \frac{s_3(nT_0)}{2B_0} \cdot \int_{-B_0}^{+B_0} e^{j2\pi f \left(t - \frac{n}{2B_0} \right)} df \quad (13)$$

Wie schon vorher gezeigt, kann das begrenzte Integral durch die si-Funktion (Gleichung 4) dargestellt werden, und man erhält schließlich

$$s_1(t) = \sum_{n=-\infty}^{+\infty} s_3(nT_0) \cdot \text{si} \left[\pi \frac{t - nT_0}{T_0} \right] \quad (14)$$

Somit ist s₁(t) bis auf die durch den Tiefpaß bedingte Verzögerung gleich s₃(t) (siehe **Bild 1** links), da die si-Funktion für die jeweiligen Werte t = n · T₀ den Wert 1 besitzt. Mathematisch gesehen kann somit das ursprüngliche Signal s₁(t) unter Verwendung eines idealen Tiefpasses mit der Bandbreite B₀ mit den zu den äquidistanten Zeitpunkten t = n · T₀ vorhandenen Abtastwerten s₃(n · T₀) „exakt“ rekonstruiert werden.

		Abtastfrequenz (kHz)	Grenzfrequenz (kHz)	Steilheit (dB/Okt.)
Versuch 1	Referenzschall	48	20	> 500
	Testschall 1	32	20	> 500
	Testschall 2	28	20	> 500
	Testschall 3	24	20	> 500
Versuch 2	Referenzschall	48	20	> 500
	Testschall 1	48	ohne Tiefpaßfilter	
	Testschall 2	32	ohne Tiefpaßfilter	
Versuch 3	Referenzschall	32	15	> 500
	Testschall 1	32	15	72
	Testschall 2	32	15	36
	Testschall 3	32	15	24
	Testschall 4	32	15	12
	Testschall 5	32	15	0

Tabelle 1

Psychoakustische Experimente: Wahl der Parameter

3. Psychoakustische Experimente

3.1. Wahl der Parameter, Methode und Auswahl der Testschalle

Durch Variation der Parameter Grenzfrequenz und Flankensteilheit des Tiefpasses sowie der Abtastfrequenz konnten bei der A/D-Wandlung der Schallsignale Aliasing-Verzerrungen in definierter Stärke erzeugt werden. Die Schalle wurden über einen 16-Bit-A/D-Wandler und einen Prozeßrechner hp-1000 A900 aufgezeichnet, bearbeitet und über einen 16-Bit-D/A-Wandler wiedergegeben. Die Hörversuche wurden in Form von Paarvergleichen (A-B-A-B) durchgeführt. Die Paare bestanden jeweils aus dem verzerrungsfreien Referenzschall und einem mit verschieden starker Verzerrung behafteten Testschall. Zur Kontrolle wurden auch gleiche Schalle miteinander verglichen. **Tabelle 1** zeigt für die einzelnen Versuche die jeweils gewählten Parameter Abtastfrequenz, Grenzfrequenz und Flankensteilheit des Tiefpaßfilters.

Da ein vollständiger Verzicht auf einen Eingangstiefpaß eine Zunahme des Rauschens im NF-Band

	Experiment 1		Experimente 2 + 3
Beispiel	Tonfolgen von Instrumenten (digitale Eigenaufnahmen)	Musikauschnitte (Digitalaufnahmen von Compact Disc)	Tonfolgen von Instrumenten (Aufnahmen über Prozeßrechner)
A	Flöte	Händel: Feuerwerksmusik (Orchester) CD: Telarc CD-80038 Track 9, 6'14" - 6'19"	-
B	Trompete	Vivaldi: Vier Jahreszeiten (Streicher) CD: Stereoplay CD4, Nr. 697002 Track 14, 4'15" - 4'20"	-
C	Klarinette	Mussorgski: Bilder einer Ausstellung (Blechbläser) CD: Decca London 400 051-2 Track 1, 3'54" - 3'58"	Klarinette
D	Violine	Hubbard: "For B.P." (Jazz) (Trompete und Schlagzeug) CD: Realtime Records RT 3005 Track 4, 0'00" - 0'10"	Violine
E	Holzblock	Tom Scott: Pop (Synthesizer) CD: Atlantic Recording 7-80106-2 Track 3, 0'00" - 0'04"	-
F	Triangel	-	Triangel
G	Xylophon	-	-
H	Sprecherin	-	-

Tabelle 2

Psychoakustische Experimente: Wahl der Testschalle

zur Folge hat (Faltung der hochfrequenten Rauschanteile!), wurden die Schalle in den Versuchen 2 und 3 für den Fall „Abtastung ohne Tiefpaß“ bei 32 kHz bandbegrenzt, nachdem sichergestellt war, daß im Bereich über 32 kHz keine nennenswerten Signalkomponenten vorhanden waren.

Für die Untersuchung wurde eine Auswahl natürlich erzeugter Schalle verwendet, wobei die besonders kritischen Signale anhand von Voruntersuchungen ausgewählt wurden. Die Testschalle des 1. Versuchs bestanden sowohl aus Tonfolgen von Einzelinstrumenten, aufgenommen mittels eines PCM-1610-Prozessors, als auch aus Musikausschnitten, die auf Compact Disc vorlagen. Alle verwendeten Schalle sind in **Tabelle 2** aufgelistet.

Die ausgewählten Schalle hatten größtenteils starke Spektralkomponenten bei hohen Frequenzen. Aufgrund der Bandbegrenzung auf 20 kHz erwiesen sich die vorliegenden Aufnahmen nur für Untersuchungen mit Abtastfrequenzen < 40 kHz als geeignet. Um auch Experimente mit der im Tonstudiobereich üblichen Abtastfrequenz von 48 kHz durchführen zu können, wurden Aufnahmen von Einzeltönen der in **Tabelle 2**, Spalte 3 dargestellten Instrumente verwendet. Diese Aufnahmen wurden mit dem Prozeßrechnerdirekt und mit einem speziellen Mikrofon mit einer Grenzfrequenz von 40 kHz (Brüel & Kjaer 4004) durchgeführt.

Es wurden nur diese drei Aufnahmen verwendet, da die Aufnahmen der restlichen Instrumente keine nennenswerten Spektralanteile oberhalb 15 kHz aufwiesen. Bei Bearbeitung der Schalle durch den Rechner wurde sichergestellt, daß sich die Schalle eines Paares nur bezüglich des variierten Parameters unterschieden. Die Dauer der Testschalle lag im Bereich 4 bis 8 s mit einer Pause zwischen Referenz- und Testschall von 2 s. Jedes Paar wurde nach 2,5 s wiederholt. Als Kontrollpaar wurde auch jeder Referenzschall verglichen mit sich selbst dargeboten. Außerdem enthielten die Versuche alle Schallpaare in umgekehrter Reihenfolge. An den Versuchen beteiligten sich 22 (Experiment 1) bzw. 20 (Experiment 2 und 3) normalhörende Versuchspersonen (Vpn). Auf-

gabe der Vpn war es, zu entscheiden, ob ein Unterschied zwischen den Schallen eines Paares wahrnehmbar war. Die Wiedergabe der Schalle erfolgte diotisch über Kopfhörer (AKG K240 Studio Monitor) in einem sehr ruhigen Raum. Im 1. Experiment wurde ein Abhörpegel von 85 dB (durch Lautstärkevergleich bei Kopfhörer- und Lautsprecherbeschallung im diffusen Schallfeld ermittelter äquivalenter Schalldruckpegel), in den folgenden ein Pegel von 80 dB gewählt. Diese Pegel wurden in Vorversuchen bestimmt, indem Vpn für die Hörbeispiele eine typische Abhörlautstärke einstellten. Vor der Gesamtauswertung wurde die Konsistenz der Antworten der einzelnen Vpn überprüft. Insgesamt konnten somit bei Versuch 1 die Ergebnisse von 19, bei den Versuchen 2 und 3 die von 15 Vpn ausgewertet werden. Für jeden Schall wurde die relative Häufigkeit erkannter Verzerrungen ermittelt. Außerdem wurde für jeden Wert das 95 %-Konfidenzintervall errechnet [7]. Um eventuell vorhandene Einflüsse des Alters der Vpn auf die Ergebnisse feststellen zu können, wurden die Ergebnisse des 1. Versuchs zusätzlich nach 2 Altersgruppen ausgewertet.

3.2. Ergebnisse der psychoakustischen Experimente

Die Ergebnisse von Versuch 1 sind in **Bild 2** (links: Einzelinstrumente; rechts: Musikausschnitte) dargestellt. Ein deutliches Erkennen von Verzerrungen mit Häufigkeiten > 50 % tritt bei den auf 20 kHz bandbegrenzten Tönen der Einzelinstrumente erst bei einer Reduktion der Abtastfrequenz auf 24 kHz auf. Bei einer Abtastung mit 32 kHz werden bei keinem Instrument Verzerrungen wahrgenommen, während bei 28 kHz nur im Falle der Trompete Verzerrungen wahrnehmbar sind. Als unkritisch erweisen sich Flöte und Holzblock. Die Ergebnisse zeigen größere Urteilssicherheit bei zeitlich stationären Schallen (Flöte, Klarinette, Violine) als bei stark impulsartigen Schallen (Holzblock und Triangel). Trotz starker Komponenten bei hohen Frequenzen weisen die letzteren Schalle eine vergleichsweise schlechte Wahrnehmbarkeit der Verzerrungen auf.

Die Ergebnisse, die aufgrund der Musikausschnitte gewonnen wurden, bestätigen im wesentlichen die

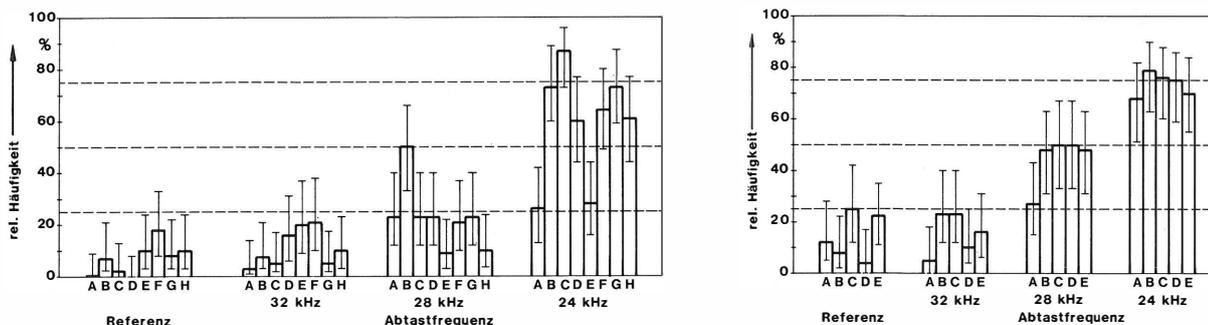


Bild 2

Erkennung von Aliasing-Verzerrungen
in Abhängigkeit von der Abtastfrequenz bei Schallsignalen mit einer Bandbegrenzung von 20 kHz

Links: Sprache und Tonfolgen von Instrumenten

A: Flöte, B: Trompete, C: Klarinette, D: Violine, E: Holzblock, F: Triangel, G: Xylophon, H: Sprecherin

Rechts: Musikausschnitte

A: Händel (Orchester); B: Vivaldi (Streicher); C: Mussorgski (Bläser); D: Hubbard (Trompete und Schlagzeug); E: Scott (Synthesizer)

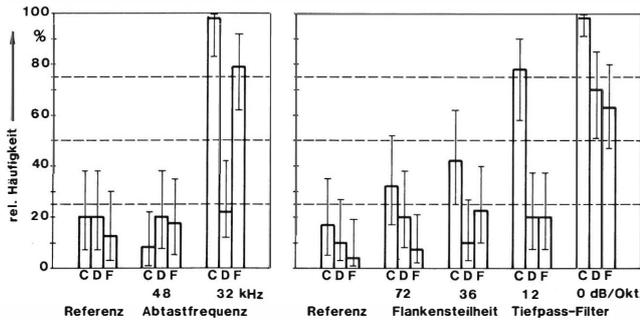


Bild 3

Erkennung von Aliasing-Verzerrungen bei Einzelinstrumenten

Links: in Abhängigkeit von der Abtastfrequenz, ohne Tiefpaßfilter

Rechts: $f_t = 32$ kHz und Tiefpaßfilter mit $f_{og} = 15$ kHz und Variation der Flankensteilheit

C: Klarinette D: Violine; F: Triangel

Resultate der Einzelinstrumente. Eine Erkennung der Verzerrungen um 75 % tritt auch hierbei erst bei einer Reduktion der Abtastfrequenz auf 24 kHz auf. Besser als im Fall der Einzelinstrumente ist die Wahrnehmbarkeit bei $f_t = 28$ kHz. Bei den ausgewählten Beispielen ist keine Abhängigkeit von der Musikart bzw. Orchestrierung zu erkennen. Ebenfalls kein Unterschied bezüglich der Wahrnehmung existiert zwischen der Kontrollgruppe, d. h. der Gruppe der Referenzschalle ($f_t = 48$ kHz), verglichen mit sich selbst und den Ausschnitten, die mit 32 kHz abgetastet wurden. Aufgrund der Komplexität der Schallbeispiele ist die Urteilssicherheit bei der Kontrollgruppe geringer als im Fall der Einzelinstrumente. Dies wird bei den Klängen mit großer Rauigkeit und Schärfe (Mussorgski und Scott) besonders deutlich.

Die Auswertung nach den beiden Altersgruppen ergab, daß die jüngeren Vpn die Verzerrungen sowohl bei den Einzelinstrumenten als auch bei den Musikausschnitten besser hörten. Bei den mit 24 kHz abgetasteten Tönen der Einzelinstrumente ergaben sich Erkennungshäufigkeiten von 50 % bei den älteren und 69 % bei den jüngeren Vpn.

Die Ergebnisse des 2. Versuchs (Bild 3 links) zeigen, daß bei einer Abtastung des Signals mit 48 kHz kein Unterschied zwischen bandpaßbegrenzten und unbegrenzten Signalen bezüglich der Wahrnehmung besteht. Die starke Wahrnehmung bei Klarinette und Triangel im Falle einer Abtastfrequenz von 32 kHz bestätigt die Vermutung, daß durch die vorhandene Bandbegrenzung auf 20 kHz die Aliasing-Verzerrungen bei dieser Abtastfrequenz in Versuch 1 nicht mehr wahrgenommen werden konnten. Einen Ausnahmefall bildet die Violine, die auch bei $f_t = 32$ kHz keine hörbaren Verzerrungen aufweist. Die Variation der oberen Flanke des Tiefpasses von 72 bis 0 dB/Okt. bei konstanter Abtastfrequenz von 32 kHz erzeugt bei der Klarinette eine kontinuierliche Zunahme der wahrnehmbaren Verzerrungen (Bild 3 rechts), während hingegen bei Violine und Triangel ein deutlicher Anstieg erst bei völligem Verzicht auf die geforderte Bandbegrenzung eintritt. Eine Flankensteilheit von nur 12 dB/Okt. reduziert die Wahrnehmung bei diesen beiden Instrumenten auf etwa die Werte der Kontrollgruppe. Die Ergebnisse mit der Abtastfrequenz von 32 kHz in Versuch 2 und mit derselben Abtastfrequenz und einer Flankensteilheit von 0 dB/Okt. in Versuch 3 wurden zwar aufgrund gleicher Parameter, jedoch ungleicher Mikrofon-signale gewonnen. Klarinette und Triangel, die auch spieltechnisch gut zu reproduzieren sind, weisen eine hervorragende Übereinstimmung auf, während bei der Violine eine erhebliche Diskrepanz besteht.

kensteilheit von nur 12 dB/Okt. reduziert die Wahrnehmung bei diesen beiden Instrumenten auf etwa die Werte der Kontrollgruppe. Die Ergebnisse mit der Abtastfrequenz von 32 kHz in Versuch 2 und mit derselben Abtastfrequenz und einer Flankensteilheit von 0 dB/Okt. in Versuch 3 wurden zwar aufgrund gleicher Parameter, jedoch ungleicher Mikrofon-signale gewonnen. Klarinette und Triangel, die auch spieltechnisch gut zu reproduzieren sind, weisen eine hervorragende Übereinstimmung auf, während bei der Violine eine erhebliche Diskrepanz besteht.

Mit Kenntnis des Spektrums des Originalsignals $S_0(f)$, dem Dämpfungsverlauf des Eingangstiefpasses $A_1(f)$ vor der Abtastung und dem des Tiefpasses $A_2(f)$ nach der Rückwandlung in dem zeitkontinuierliches Signal lassen sich die Aliasing-Verzerrungen berechnen zu

$$S_{AV}(f) = S_0(f_t - f) \cdot A_1(f_t - f) \cdot A_2(f) , \tag{15}$$

wenn

$$A_2(f > f_t) \approx 0 .$$

Eine solche Berechnung wurde mittels FFT-Analyse und Rechner für die Einzelinstrumente durchgeführt. In Bild 4 ist die Abhängigkeit der Häufigkeit der wahrgenommenen Verzerrungen von den berechneten Verzerrungen aufgetragen.

3.3. Diskussion der Ergebnisse

Die in Bild 4 eingetragenen Daten zeigen, daß zwischen den aufgrund psychoakustischer Experimente gewonnenen Ergebnissen und den mittels rein physikalischer Meßmethoden berechneten Verzerrungsprodukten keine Korrelation besteht. Trotz z. B. äußerst stark vorhandener Verzerrungen im Falle des mit 28 bzw. 32 kHz abgetasteten Klangs des Triangels sind diese nicht wahrnehmbar. Andererseits sind schon relativ geringe Verzerrungen bei dem mit 28 kHz abgetasteten Trompetenton wahrnehmbar. Bild 4 zeigt, daß eine rein meßtechnische Ermittlung der Aliasing-Verzerrungen bei weitem nicht ausreicht und folglich an der Wahrnehmung andere Größen

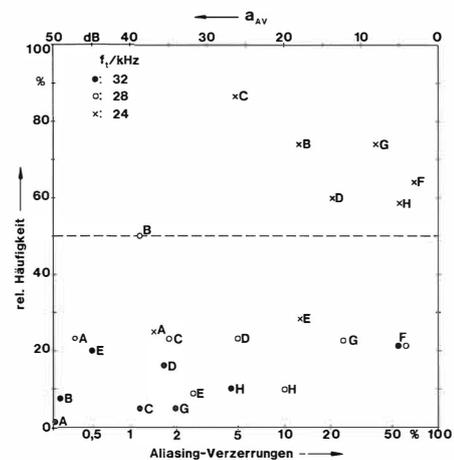


Bild 4

Wahrnehmung von Aliasing-Verzerrungen in Abhängigkeit von den tatsächlich auftretenden Verzerrungen bei den Einzel-tönen der in Versuch 1 verwendeten Instrumente

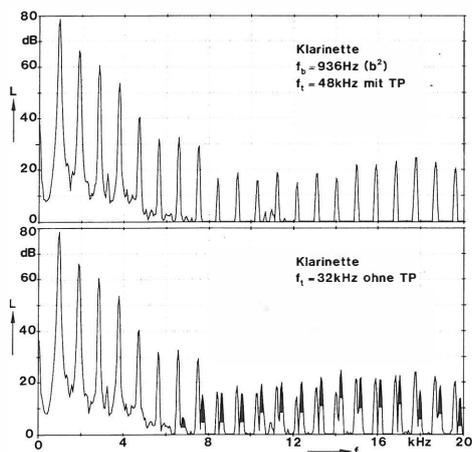


Bild 5

Amplitudenspektren des in Versuch 2 verwendeten Tons b^2 einer Klarinette, gemittelt über $\Delta t = 400$ ms
Oben: ohne Aliasing-Verzerrungen
Unten: mit Aliasing-Verzerrungen (markiert)

maßgeblich beteiligt sind. Dies sind die Empfindungsgrößen [8], die durch das Gehör bestimmt sind und mit deren Hilfe sich die verschiedenen Hörwahrnehmungen recht gut beschreiben lassen.

Bei der Wahrnehmung von Aliasing-Verzerrungen sind im wesentlichen die Attribute **Rauhigkeit**, **Schärfe** und **Tonhöhe** beteiligt [9, 10, 11]. Die schlechte Hörbarkeit im Falle natürlich erzeugter Schalle wird begünstigt durch die Verdeckungseigenschaften des Gehörs, wobei schwache hohe Töne durch starke tiefe Töne in hohem Maße maskiert werden. Die Wahrnehmung der Klangfarbe im Bereich hoher Frequenzen wird hauptsächlich durch das Attribut Schärfe beschrieben. Ein Schall mit Energieschwerpunkt bei hohen Frequenzen wird als „scharf“ empfunden. Durch die Aliasing-Verzerrungen können vor allem bei tonhaltigen bzw. diskreten Amplitudenspektren Tonhöhen-, Rauhigkeits- und Schwebungseffekte auftreten. So können bei komplexen Tönen je nach

Verhältnis Grund- zu Abtastfrequenz zusätzlich meist **virtuelle Tonhöhen** und **Differenztonhöhen** [11] auftreten. Bei zunehmend geringer werdender Distanz zwischen den Teiltönen des Originalschalles und denen des Faltungsproduktes entsteht zunächst Rauhigkeit, die dann in eine Schwebung übergeht.

Im folgenden soll am Beispiel der Instrumente, die in Versuch 2 verwendet wurden, der Einfluß dieser Empfindungsgrößen auf die Wahrnehmung von Aliasing-Verzerrungen abgeschätzt werden. In **Bild 5** ist das Amplitudenspektrum des Klarinettentons b^2 ($f_b = 936$ Hz) gemittelt über eine Zeitdauer von 400 ms dargestellt. Bei einer Abtastung von 32 kHz ohne TP-Filter (unteres Diagramm) wurden die Verzerrungen zu knapp 100 % erkannt, obwohl der Anteil an meßtechnisch erfassbaren Verzerrungen bei nur 0,5 % liegt. Im Bereich um 10 kHz tritt Rauhigkeit auf, bedingt durch die um $\Delta f = 176$ Hz gegenüber den Teiltönen des Klarinettentons verschobenen Komponenten des um die Abtastfrequenz gefalteten Spektrums. Da es sich bei der Klarinette um einen konstanten, eingepprägten Ton handelt, tritt diese Rauhigkeit längere Zeit auf und begünstigt somit die Wahrnehmung. Durch eine Erhöhung der Intensität im Bereich hoher Frequenzen resultiert zusätzlich ein Zuwachs an Schärfe. Im Falle der Violine (**Bild 6**) ist zwischen den beiden über $\Delta t = 400$ ms gemittelten Spektren des Originals und des verzerrten Tons kein signifikanter Unterschied sichtbar.

Zwar weisen die mit einem Zeitfenster von 20 ms bewerteten Kurzzeitspektren deutliche Unterschiede auf, trotzdem werden die Verzerrungen im Hörexperiment nicht wahrgenommen. Folgende Fakten erschweren eine Wahrnehmung von Aliasing-Verzerrungen bei diesem Schallsignal:

- Im Bereich maximaler Pegel des gefalteten Spektrums überwiegen die Pegel der Harmonischen des unverzerrten Tons. Somit ergibt sich kein signifikanter Schärfezuwachs.
- Die Tonerzeugung ist nicht konstant, es treten kurzzeitige Frequenzänderungen von 1,7 % auf.

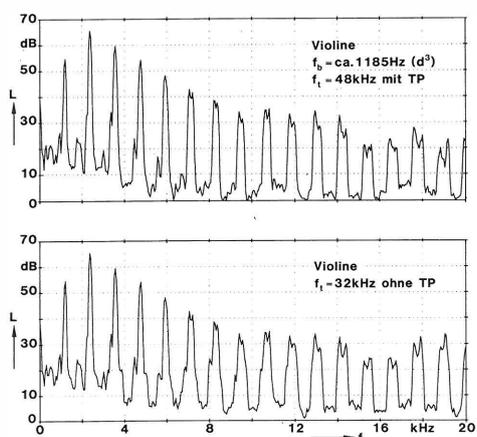


Bild 6

Amplitudenspektren des Tons d^2 einer Violine (Versuch 2), gemittelt über $\Delta t = 400$ ms
Oben: ohne Aliasing-Verzerrungen
Unten: mit Aliasing-Verzerrungen

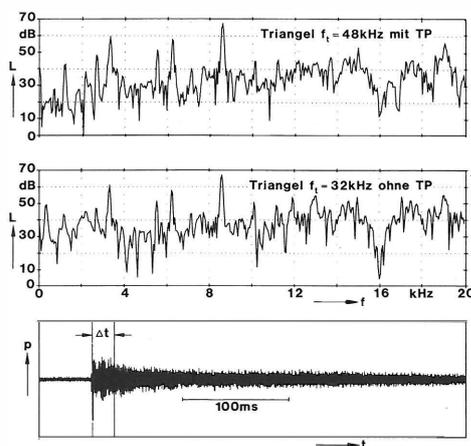


Bild 7

Amplitudenspektren und Zeitfunktion des Klangs eines Triangels zum Zeitpunkt des Anschlags (Versuch 2)
Oben: ohne Aliasing-Verzerrungen
Unten: mit Aliasing-Verzerrungen

Damit ist gleichzeitig eine Änderung der Amplituden der einzelnen Harmonischen verbunden. Dies bedeutet für die Rauigkeit, daß sie – wenn überhaupt – nur für einen kurzen Augenblick erzeugt wird.

- Diejenigen Faltprodukte, die eine zusätzliche virtuelle Tonhöhe erzeugen, müssen aufgrund des Dominanzbereichs bei Frequenzen < 5 kHz liegen [11]. Die in diesem Bereich vorhandenen Faltprodukte werden jedoch von den Harmonischen des Violintons völlig maskiert.

Bei dem Triangel, dessen Verzerrungen bei einer Abtastfrequenz von 32 kHz deutlich wahrnehmbar sind, treten diese hauptsächlich zum Zeitpunkt des Anschlags auf. Dabei existieren auch oberhalb von 16 kHz viele Komponenten, die im Unterschied zu den tieffrequenten Anteilen nach dem Anschlag jedoch schnell wieder ausklingen. Dies bewirkt im Falle von Aliasing-Verzerrungen zu Beginn des Triangeltons eine starke Erhöhung der Schärfe vor allem im Bereich von 10 bis 15 kHz (siehe **Bild 7**).

Durch die Existenz einer Komponente oberhalb von 30 kHz tritt gleichzeitig eine deutliche Spektraltonhöhe bei etwa 130 Hz auf, die durch den unverzerrten Klang nicht verdeckt wird. Aufgrund des schnellen Abklingens der hohen Teiltöne tritt diese Tonhöhe bei einer weiteren Analyse 150 ms nach dem Anschlag nur sehr schwach auf. Die Verzerrungen können somit beim Triangel nur im Zeitpunkt des Anschlags und kurz danach wahrgenommen werden.

4. Schlußfolgerungen

Das Ergebnis der Hörversuche zeigt, daß bei einer Abtastung natürlicher Schallsignale mit 48 kHz und ohne Verwendung eines bandbegrenzenden Tiefpasses ein Auftreten von hörbaren Aliasing-Verzerrungen äußerst unwahrscheinlich ist. Bei den untersuchten Tönen der Einzelinstrumente ließen sich bei dieser Abtastfrequenz auch meßtechnisch nur geringe Faltprodukte im Frequenzbereich bis 20 kHz nachweisen. Bei der Abtastung von komplexeren Schallen (z. B. großes Orchester) treten wesentlich größere Verzerrungspegel auf. Trotzdem ist die Wahrscheinlichkeit der Wahrnehmung dieser Verzerrungen auch in diesem Fall sehr gering, da solche Spektren mit vielen, eng nebeneinanderliegenden Komponenten ein hohes Maß an gegenseitiger Maskierung bewirken. Die Faltprodukte bleiben auch in allen Fällen bei auf 20 kHz bandbegrenzten und mit 32 kHz abgetasteten Signalen unhörbar. Bei einer weiteren Reduktion der Bandbreite auf eine Grenzfrequenz von 15 kHz genügt bei den äußerst kritischen Signalen von Klarinette, Violine und Triangel ein Tiefpaßfilter 6. Grades, um die Erkennungshäufigkeit unter 50 % zu drücken. Eine allgemeingültige Aussage über die Wahrnehmung der Verzerrungen läßt sich aufgrund einer rein meßtechnischen Bestimmung der in den Hörbereich gefalteten Verzerrungsprodukte nicht machen. Es ist vielmehr notwendig, eine gehörbezogene Schallanalyse mit der Ermittlung der in diesem Falle wesentlichsten Attribute Rauigkeit, Schärfe

und Tonhöhe durchzuführen. Diese Empfindungsgrößen lassen sich anhand von geeigneten Modellen aufgrund der Amplitudenspektren und der zeitlichen Hüllkurven der Schallsignale quantitativ berechnen [12, 13, 14]. Aufgrund einer Abschätzung des Einflusses dieser Größen folgt, daß zeitlich stationäre Schalle mit tonalen Komponenten und großen Energieanteilen bei hohen Frequenzen bezüglich der Wahrnehmung von Aliasing-Verzerrungen besonders kritisch sind.

Ausgehend von einem rein psychoakustischen Standpunkt könnte man auf die heute üblichen äußerst steilen Tiefpässe verzichten. Damit würden die Nachteile dieser Filter, wie z. B.

- hoher schaltungstechnischer Aufwand (= hohe Kosten),
- Verschlechterung des Geräuschspannungsabstandes durch Eigenrauschen der Operationsverstärker des Filters bei aktiver Realisierung,
- Welligkeit im Durchlaßbereich nahe der Grenzfrequenz,
- Gruppenlaufzeitverzerrungen im wesentlichen entfallen.

Andererseits beinhalten zu flache Filter folgende Nachteile:

- geringer Sicherheitsabstand zum Auftreten hörbarer Faltprodukte für den Fall, daß dem abzutastenden Signal hochfrequente Störkomponenten überlagert sind, bzw. beim Abtasten synthetischer Signale mit großer Energie bei hohen Frequenzen,
- Verschlechterung des Geräuschspannungsabstandes durch Faltung von über 20 kHz liegenden Rauschteilen in den Hörbereich.

Wünschenswert wäre ein unter Berücksichtigung all dieser Gesichtspunkte an die jeweiligen Erfordernisse optimiertes Filter. Im Tonstudiobereich gilt die Forderung nach optimalen Qualitätsparametern bei allen denkbaren Signalen. Das bedeutet, daß man vor allem in diesem Bereich, wo der Kostenfaktor nicht die dominierende Rolle spielt, die Anti-Aliasing-Filter gerade so dimensionieren sollte, daß durch sämtliche Qualitätsparameter des gesamten Systems nicht verschlechtert werden. Die Verwendung flacherer Filter bei gleichzeitiger Inkaufnahme von schwachen, jedoch nicht wahrnehmbaren Aliasing-Verzerrungen würde unter Berücksichtigung aller beteiligter Qualitätsparameter oft einen günstigeren Kompromiß darstellen als die Verwendung der heute üblichen auf minimale Aliasing-Verzerrungen ausgelegten Tiefpässe mit hoher Flankensteilheit.

SCHRIFTTUM

- [1] Shannon, C. E.: A mathematical theory of communication. The Bell Syst. Tech. J. 27 (1948), S. 379 bis 423; S. 623 bis 656.
- [2] Blesser, B. A.: Digitization of audio: A comprehensive examination of theory, implementation, and current practice. J. of the Audio Eng. Soc. 26 (1978), S. 739 bis 771.

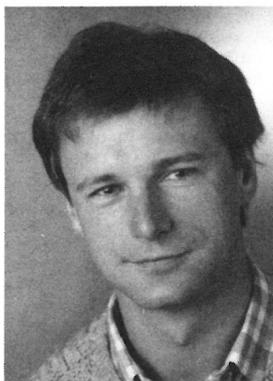
- [3] Preis, D.: Phase distortion and phase equalization in audio signal processing — A tutorial review. *J. of the Audio Eng. Soc.* 30 (1982), S. 774 bis 794.
- [4] Preis, D.; Bloom, P. J.: Perception of phase distortion in anti-alias filters. *J. of the Audio Eng. Soc.* 32 (1984), S. 842 bis 847.
- [5] Schöne, P.; Plenge, G.; Jakubowski, H.: Genügt eine Bandbreite von 15 kHz für elektroakustische Übertragungssysteme? *Rundfunktech. Mitt.* 23 (1979), S. 1 bis 9.
- [6] Muraoka, T.; Yamada, Y.; Yamazaki, M.: Sampling-frequency considerations in digital audio. *J. of the Audio Eng. Soc.* 26 (1978), S. 252 bis 256.
- [7] Sachs, L.: *Angewandte Statistik*. Springer-Verlag, Berlin — Heidelberg — New York 1974, S. 258 bis 265.
- [8] Zwicker, E.; Feldtkeller, R.: *Das Ohr als Nachrichtenempfänger*. S. Hirzel-Verlag, Stuttgart 1967.
- [9] Terhardt, E.: On the perception of periodic sound fluctuation (roughness). *Acustica* 30 (1974), S. 201 bis 213.
- [10] von Bismarck, G.: Sharpness as an attribute of the timbre of steady sounds. *Acustica* 30 (1974), S. 159 bis 172.
- [11] Terhardt, E.: Zur Tonhöhenwahrnehmung von Klängen. I. Psychoakustische Grundlagen. *Acustica* 26 (1972), S. 173 bis 186.
- [12] Terhardt, E.; Stoll, G.; Seewann, M.: Algorithm for extraction of pitch and pitch salience from complex tonal signals. *J. of the Acoust. Soc. Am.* 71 (1982), S. 679 bis 688.
- [13] Vogel, A.: Ein gemeinsames Funktionsschema zur Beschreibung der Lautheit und der Rauigkeit. *Bio Cybernetics* 18 (1975), S. 31 bis 42.
- [14] Aures, W.: Berechnungsverfahren für den Wohlklang beliebiger Schallsignale, ein Beitrag zur gehörbezogenen Schallanalyse. Dissertation. Technische Universität München, 1984.

Die Autoren



Dipl.-Ing. Gerhard Stoll (35) studierte Nachrichten-

technik/Kybernetik an der TH Stuttgart und der TU München. Er war am Institut für Elektroakustik der TU München auf dem Gebiet der Psychoakustik tätig und ist seit 1984 Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Rundfunktechnik in München. Er beschäftigt sich vor allem mit Fragen zur Qualitätsbeurteilung bestehender und zukünftiger Tonübertragungssysteme unter spezieller Berücksichtigung psychoakustischer Phänomene.



Dipl.-Ing. Peter Urban (27) studierte Ton- und Bildtechnik an der Fachhochschule und am Robert-Schumann-Institut in Düsseldorf. Er fertigte 1985 seine Diplomarbeit am Institut für Rundfunktechnik in München an und ist seit 1985 als Toningenieur beim Bayerischen Rundfunk angestellt.

VARIABLE DYNAMIK — EIN KONZEPT FÜR VERBESSERTE VERSORGUNG IM HÖRFUNK UND FERNSEHEN¹

VON GEORG PLENKE, GERHARD SPIKOFSKI UND GÜNTHER THEILE

Manuskript eingegangen am 15. Mai 1986

Rundfunkübertragungssysteme

Zusammenfassung

Es wurde ein Verfahren entwickelt, das es gestattet, die Programmsignaldynamik — Musik- und Wortbeiträge — zu verändern, um sie auf der Sendeseite an verschiedene Übertragungswege (z. B. MW, UKW, SAT, Fernsehen), vor allem aber beim Hörer an die unterschiedlichen Wiedergabebedingungen (ruhige oder lärmbelastete Umgebung, hohe oder geringe Abhörlautstärke, Kopfhörer- oder Lautsprecherwiedergabe) anzupassen. Dazu wird vor der Sendung ein Dynamik-Stellsignal gewonnen, das das Regelverhalten für eine ästhetisch befriedigende Dynamikeinengung beschreibt. Dies geschieht ursprünglich durch Tonmeister, doch aus betriebstechnischen Gründen vorzugsweise mit Hilfe spezieller Prozessoren. Das Dynamik-Stellsignal wird unhörbar in das AF-Stereosignal eingefügt („in-band transmission“) und kann an beliebiger Stelle der Übertragungsstrecke genutzt werden, auf der Sendeseite (automatische Dynamikanpassung an den Übertragungsweg) ebenso wie beim Hörer (individuelle Dynamikwahl) — auch nach erfolgter Tonaufzeichnung. Das realisierte System arbeitet stufenlos im Dynamikbereich 20 dB bis 55 dB. Für die Dynamik des Sendesignals wurden 30 dB gewählt. Das System verbessert somit zusätzlich den Störabstand der Übertragungsstrecke einschließlich des Heimtonbandgerätes um maximal 25 dB entsprechend der vom Hörer eingestellten Expansion. Es ermöglicht darüber hinaus eine abhörgerechte Lautstärkebalance zwischen Musik und Sprache.

Summary Variable dynamic range — a method for improving the sound broadcasting and television services

A process has been developed which allows the dynamic range of a programme signal, whether speech or music, to be varied to match it to a variety of transmission supports (radio, television, satellite circuits, etc.), and, more especially, to match it to different receiving conditions for the listener (quiet or noisy surroundings, high or low listening level, use of headphones or loudspeakers). For this purpose, a dynamic range control signal is generated before transmission which sets the signal characteristics to those best-suited for the listening conditions. In principle this processing may be done by sound engineers while the programme is being made, but for operational reasons, special processors are to be preferred. The dynamic range control signal, which is inaudible, is inserted in the stereophonic audio signal and it can be used, according to the user's choice, at the transmitter to match the dynamic range automatically to the transmission channel, or in the receiver to allow the listener to set the range himself, or after recording. The system functions smoothly over the range from 20 dB to 55 dB. A value of 30 dB has been chosen for the broadcast dynamic range. The system thus serves to enhance the signal-to-noise ratio of the broadcast channel, including the domestic tape recorder, by a maximum of 25 dB, depending on the adjustments made by the listener. It also offers a facility for setting the balance in volume between speech and music programmes.

Sommaire La dynamique variable, facteur d'amélioration du service en radiodiffusion sonore et en télévision

Un procédé a été mis au point, permettant de modifier la dynamique du signal de programme, que celui-ci soit musical ou parlé, pour l'adapter à l'émission aux différentes voies de transmission (circuit radiophonique, télévisuel, par satellite, etc.), et aussi surtout aux diverses conditions de réception pour l'auditeur (environnement calme ou bruyant, niveau d'écoute élevé ou faible, restitution au casque ou par haut-parleur). On fait appel à cet effet avant l'émission à un signal de réglage de la dynamique qui définit le comportement caractéristique pour une gamme dynamique satisfaisante à l'écoute. En principe, c'est le preneur de son qui y procède, mais on utilisera de préférence, pour des raisons d'exploitation, des processeurs spéciaux. Le signal de réglage de la dynamique, inaudible, est inséré dans le signal AF stéréophonique et il peut être utilisé au choix aussi bien à l'émission, pour adapter automatiquement la dynamique à la voie de diffusion qu'à la réception pour permettre à l'auditeur de régler la dynamique lui-même, ou après enregistrement. Le système fonctionne d'une manière continue dans la gamme de 20 dB à 55 dB. On a choisi 30 dB pour la dynamique du signal à l'émission. Le système améliore ainsi aussi le rapport signal/bruit de la voie de diffusion, magnétophone domestique y compris, de 25 dB au maximum selon le réglage de l'auditeur. Il offre en outre à l'écoute une balance du volume sonore entre la musique et la parole.

1. Einleitung

Hörfunkprogramme werden unter sehr unterschiedlichen Bedingungen abgehört, z. B. in ruhiger oder lärmgefüllter Umgebung, mit hoher oder bewußt gering gewählter Abhörlautstärke, über Kopfhörer oder über Lautsprecher. Damit unter den unterschiedlichen Abhörbedingungen bei einer gewählten individuellen Abhörlautstärke die leisen Programmpassagen nicht durch das Geräusch der Um-

gebung verdeckt werden, müßte die Dynamik des Programmsignals, der Lautstärkeunterschied zwischen den leisesten und lautesten Passagen innerhalb einer Sendung, den unterschiedlichen Abhörbedingungen angepaßt werden. Betrachtet man den Fall einer Konzertübertragung, so bedeutet das, daß die erforderliche Programmdynamik zwischen 15 dB und 55 dB liegen kann. Der Hörer, der das Konzert in einem ruhigen Einfamilienhaus aufmerksam mit großer Abhörlautstärke abhört, wird eine Dynamik von 55 dB wünschen, etwa der Dynamik eines Orchesters in einem Konzertsaal entsprechend. Derselbe Hörer wird vielleicht bei leisem Abhören nur eine Dynamik von 35 dB wünschen. In einem Mehrfamilienhaus in der Stadt mit Geräuschbelastung durch den Straßenverkehr mag eine Dynamik von 30 bis 25 dB angemessen sein; im fahrenden Auto sind überhaupt nur 25 bis 15 dB sinnvoll.

¹ Überarbeitetes Manuskript eines Vortrages, gehalten auf der 7. Fachtagung Hörrundfunk der Nachrichtentechnischen Gesellschaft (NTG) in Mannheim, 12. bis 14. November 1985.

Dieser Aufsatz erscheint zugleich in Engl./Franz. in der EBU Rev. Tech./Rev. de l'UER Tech. Nr. 218 (August 1986).

This article is published simultaneously in English in the EBU Rev. Tech. No. 218 (August 1986).

Cet article est publié simultanément en français dans la Rev. de l'UER Tech. N° 218 (août 1986).

Bei dem derzeitigen Stand der Technik sind die Rundfunkanstalten gezwungen, einen möglichst guten Kompromiß für die ausgesendete Programmdynamik zu finden. Das in der vorliegenden Arbeit beschriebene System erlaubt es, die Programmdynamik an die jeweilige Abhörbedingung individuell anzupassen. Es ist dadurch gekennzeichnet, daß auf der Sendeseite ein Dynamik-Stellsignal gewonnen wird, das zusätzlich übertragen wird.

2. Systemkonzept

Das im Institut für Rundfunktechnik (IRT), München, entwickelte Konzept für eine individuell wählbare Dynamik weist die folgenden Merkmale auf:

1. Bevor ein Programm zur Sendung gelangt, wird seine Dynamik ermittelt, und es wird ein Dynamik-Stellsignal gewonnen.
2. Das Dynamik-Stellsignal wird zusätzlich übertragen. Mit Hilfe dieses Stellsignals kann die Dynamik auf der Wiedergabeseite teilweise oder vollständig expandiert oder weiter komprimiert werden.
3. Die Ermittlung des Stellsignals wird mit Hilfe eines speziellen Prozessors oder durch den Tonmeister durchgeführt.
4. Das Dynamik-Stellsignal wird in codierter Form unhörbar in das ausgesendete AF-Signal eingefügt. Auf der Wiedergabeseite kann das Stellsignal mit Hilfe eines Decoders für die individuelle Dynamikwahl genutzt werden.
5. Für die Aussendung wird die Dynamik des Programms auf einen Wert eingeeengt, der für Empfänger ohne Decoder kompatibel ist, und dies in Abhängigkeit vom Übertragungsweg (AM, FM, Digital Satellite Radio).
6. Entsprechend dieser — für verschiedene Übertragungswege gegebenenfalls unterschiedlichen Einstellungen — wird eine weitere Information, das Dynamik-Referenzsignal, zusätzlich übertragen.
7. Mit Hilfe des Dynamik-Pilotsignals, bestehend aus dem Dynamik-Stellsignal und dem Dynamik-Referenzsignal, kann an beliebiger Stelle des Übertragungsweges nach Wunsch expandiert oder weiter komprimiert oder das Signal so belassen werden.

Durch eine Dynamikkompression des Programms vor der Aussendung erfolgt eine bessere Anpassung an die durchschnittliche Wiedergabesituation der Hörer. Müller [1] kommt in einer Untersuchung, in der 4000 Hörer zur Dynamik des gesendeten Programms befragt wurden, zu dem Ergebnis, daß 70 % der Hörer, speziell bei Symphoniekonzerten, die gesendete Dynamik als zu groß empfinden.

Durch die Expansion auf der Wiedergabeseite mit Hilfe des mitgesendeten Dynamik-Pilotsignals wirkt das System als Kompander, d. h. Störungen der Übertragungstrecke werden entsprechend dem Grad der Expansion unterdrückt. Dieser Gewinn an Geräuschspannungsabstand, der bei vollständiger Expansion bis zu 25 dB betragen kann, kommt gerade dem anspruchsvollen Hörer, der eine möglichst große Programmdynamik wünscht, entgegen. Damit können z. B. Digitalaufnahmen mit einer großen Dyna-

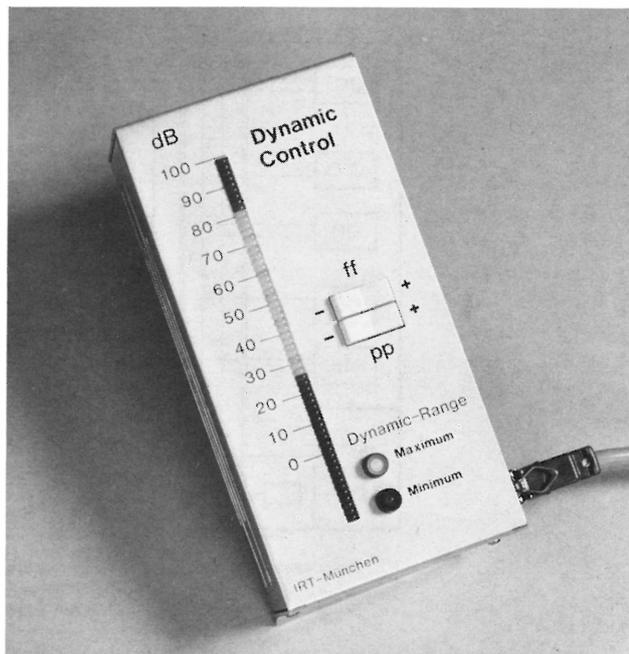


Bild 1

Nutzung des Dynamik-Pilotsignals durch den Hörer

Getrennte Lautstärkeinstellung

ff = Forte-Programmpassagen
pp = Piano-Programmpassagen

mik über die UKW-Strecke rauschfrei übertragen werden. Aber auch wenn keine Expansion auf der Wiedergabeseite vorgenommen wird, werden Störungen der Übertragungstrecke dadurch scheinbar reduziert, daß das komprimierte Programmsignal als lauter empfunden wird.

Mit Hilfe des Stellsignals, das auf der Empfangsseite für die Dynamikbeeinflussung zur Verfügung steht, läßt sich ein neuartiges Konzept eines Wiedergabeverstärkers entwerfen mit vielfältigen Möglichkeiten zur Einstellung der Wiedergabedynamik und der Wiedergabelautstärke. Bild 1 zeigt ein Anwendungsbeispiel: Lautstärke- und Dynamikeinstellung sind zusammengefaßt; der Hörer wählt die Lautstärke der lauten Programmpassagen („ff“) oder der leisen Programmpassagen („pp“).

Das Dynamik-Pilotsignal, das bereits im Sendestudio vorhanden ist, gestattet es auch, schon hier die Dynamik an die folgenden Übertragungswege anzupassen. So wäre es sinnvoll

- a) für ein Programm, das überwiegend für Autofahrer gedacht ist, die Dynamik auf 20 bis 15 dB einzuengen;
- b) für einen AM-Übertragungsweg die Dynamik auf 30 dB oder 25 dB einzuengen;
- c) für einen FM-Übertragungsweg die Dynamik auf 35 dB einzuengen;
- d) für ein digitales Satellitenprogramm die Originaldynamik zu belassen (Bild 2).

Daraus ergäben sich drei Vorteile:

1. Hörer, die nicht über einen Decoder verfügen, erhalten auch ohne diesen eine Dynamik, die dem bestmöglichen Kompromiß auf jedem Übertragungsweg entspricht.

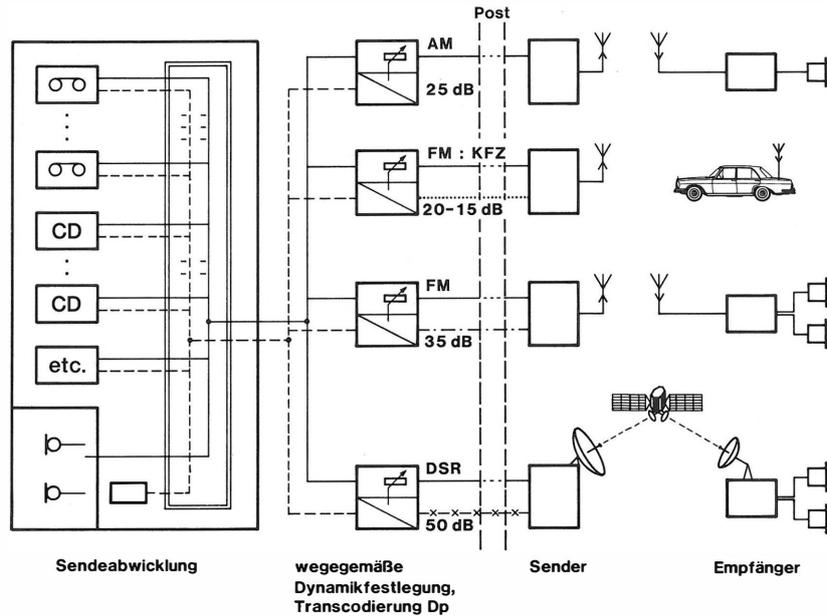


Bild 2

Nutzung des Dynamik-Pilotsignals für die Anpassung an verschiedene Übertragungswege

- Im Sendestudio oder im Hauptschallraum einer Rundfunkanstalt – im Prinzip an jeder beliebigen Stelle im Übertragungsweg, also auch am Sender – können die unterschiedlichen Dynamiken für die verschiedenen Sendewege auf einfachem Weg automatisch hergestellt werden.
- Bei Hörern, die mit Hilfe des Decoders die Dynamik wieder vergrößern, arbeitet das System als hochwirksamer Kompander ohne Regelverzerrungen.

Das System sieht vor, daß das Stellsignal vor der Aussendung von Tonmeistern gewonnen wird, oder daß Prozessoren eingesetzt werden, deren Regelverhalten demjenigen von Tonmeistern weitgehend entspricht. Dies ist erforderlich, da das ausgesendete und ggf. bereits mit Hilfe des Stellsignals komprimierte Programm einen hohen Grad von Kompatibilität aufweisen muß, d. h. es dürfen keine Qualitätsbeeinträchtigungen durch hörbare Regelvorgänge auftreten, und die bei der Produktion beabsichtigte Programmdynamik, speziell die Feinstruktur der Programmdynamik, muß weitgehend erhalten bleiben. Regelvorgänge dürfen selbstverständlich auch dann nicht hörbar werden, wenn die Dynamik auf der Empfangsseite teilweise oder vollständig expandiert – also auf den Ursprungswert zurückgeführt wird. Bisher bekannte automatisch arbeitende Kompressoren werden diesen Ansprüchen nicht gerecht, dazu ist das durch Partiturkenntnis gekennzeichnete Eingreifen durch Tonmeister erforderlich. Diese Kenntnisse ermöglichen es dem Tonmeister, Regelvorgänge außerordentlich langsam – teilweise im Minutenbereich – durchzuführen. Automatische Kompander arbeiten im ms-Bereich!

Für die Speicherung und die Übertragung der aus der Dynamiknachbearbeitung gewonnenen Steuer-

signale sind verschiedene Wege denkbar. Grundsätzlich sollte aber – vor allem aus betriebstechnischen Gründen – vermieden werden, die Steuersignale mit Hilfe zusätzlicher Datenkanäle zu speichern und zu übertragen („off-band transmission“). Beispielsweise hat sich die Speicherung mit Hilfe des SMPTE-Zeitcodes und die Übertragung mit Hilfe des Radio-Daten-Systems (RDS)² als unpraktikabel erwiesen. Auch ist zu bedenken, daß der Hörer zu Hause normalerweise noch keine Möglichkeit hat, zusätzliche Steuersignale synchron zum Tonsignal (auf Tonband, Tonkassette) zu speichern, so daß die individuell wählbare Dynamik nur während des Empfangs, nicht aber nach einer Tonaufzeichnung möglich wäre. Das entwickelte Systemkonzept berücksichtigt diese Aspekte, indem das Dynamik-Pilotsignal unhörbar in das stereofone AF-Signal eingefügt wird und als **programminhärente Zusatzinformation** übertragen wird („in-band transmission“).

Das dazu entwickelte Verfahren nutzt die Erkenntnis, daß die Kanaltrennung eines Stereosignals im Bereich sehr tiefer und sehr hoher Frequenzen 0 dB betragen kann, ohne daß Qualitätsbeeinträchtigungen des stereofonen Klangbildes bemerkbar sind (Bild 3). Das stereofone Seitensignal (S-Signal)

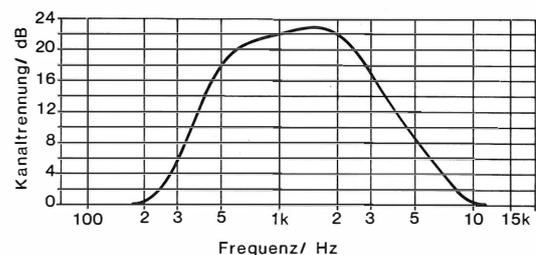


Bild 3

Erforderliche Kanaltrennung für stereofone Signale, die keine Qualitätsbeeinträchtigung des stereofonen Klangbildes hervorruft
nach [2], abgeleitet aus [3, 4, 5]

² RDS: In Europa zur Zeit in der Erprobungsphase befindliches System zur digitalen Übertragung von Zusatzinformationen im UKW-Hörrundfunk.

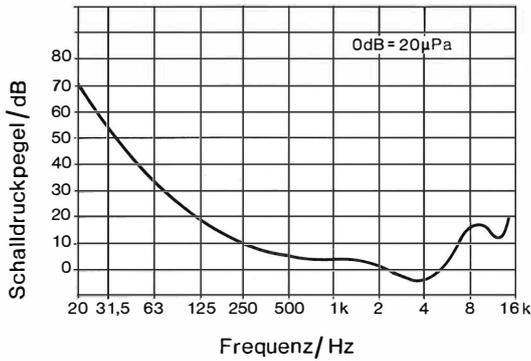


Bild 4

Ruhehörschwelle bei normalhörenden Versuchspersonen nach [7]

kann demnach im unteren Bereich beschnitten werden, und im Bereich der ausgefilterten Frequenzen können Zusatzsignale übertragen werden.

Außerdem wird die Erkenntnis genutzt, daß das menschliche Ohr bei tiefen und hohen Frequenzen, bezogen auf mittlere Frequenzen, relativ unempfindlich ist [6]. In **Bild 4** ist die Ruhehörschwelle für normalhörende Versuchspersonen dargestellt. Im IRT durchgeführte Hörversuche speziell zur Wahrnehmbarkeit von tieffrequenten Zusatzsignalen im Bereich 40 bis 60 Hz haben ergeben, daß ein Pegel von 60 dB unter Vollaussteuerung, bezogen auf einen maximalen Spitzenabhörpegel von 105 dB (A), nicht wahrnehmbar ist.

Darauf basierend erfolgt die Übertragung des Dynamik-Pilotsignals in der Weise, daß das S-Signal bei 100 Hz begrenzt und im ausgefilterten Frequenzbereich zwischen 38 Hz und 58 Hz das Pilotsignal als analoges Zusatzsignal in das AF-Signal eingefügt wird. Die Übertragung erfolgt durch eine sogenannte „Differenzfrequenz-Modulation“, die besondere Vor-

teile für die Übertragung analoger Daten auf verzerrenden Strecken bringt. Sie arbeitet im Prinzip mit Tönen, deren Frequenzabstände analogen Werten entsprechen.

3. Technische Beschreibung

Das vorgestellte Gesamtsystem „Variable Dynamik“ besteht prinzipiell aus den folgenden Komponenten (**Bild 5**):

- Gewinnung des Dynamik-Stellsignals D_C
 - a) durch den Tonmeister
 - b) durch den Prozessor
- Stellsignalabhängige Dynamikkompression mit Hilfe des bewerteten Dynamik-Stellsignals D_S und Gewinnung des Dynamik-Referenzsignals D_R
- Differenzfrequenz-Modulation (ΔFM) des Dynamik-Stellsignals D_C und -Referenzsignals D_R (Dynamik-Pilotsignal D_P)
- Matrizierung des Dynamik-Pilotsignals D_P mit dem stereofonen AF-Signal
- Übertragung/Speicherung des stereofonen AF-Signals
- Dematrizierung des Dynamik-Pilotsignals aus dem stereofonen AF-Signal
- Demodulation (ΔFM^{-1}) des Stellsignals D_C und Referenzsignals D_R
- Stellsignalabhängige Dynamikexpansion oder -kompression, Wahl des Expansions- oder Kompressionsgrades durch den Hörer.

Im folgenden werden technische Details der Einzelkomponenten näher beschrieben, und es wird über Erkenntnisse und spezielle Untersuchungsergebnisse berichtet, die mit dem System bereits gewonnen worden sind.

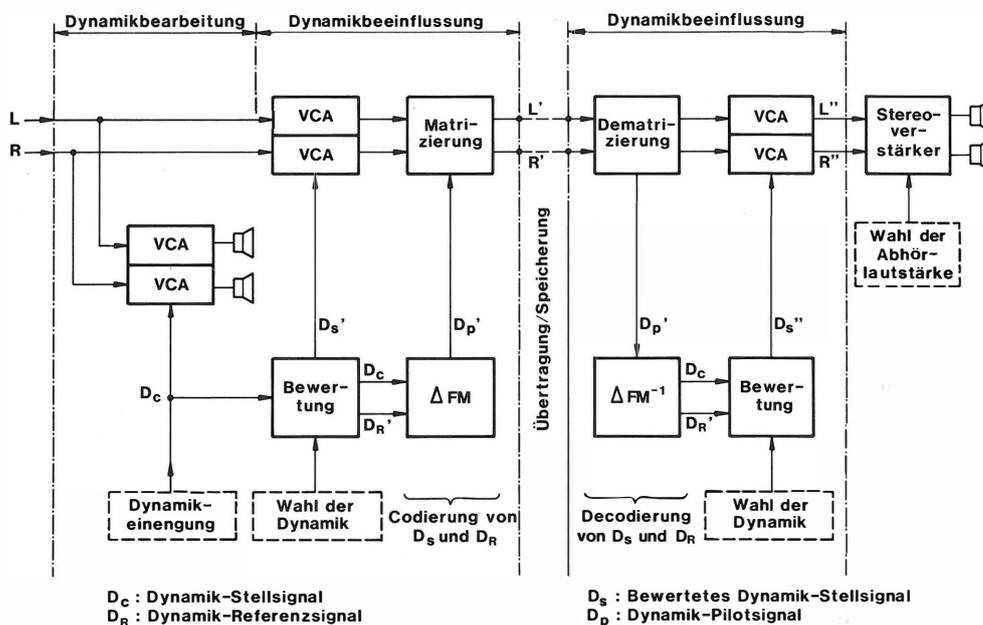


Bild 5

Pilotsignalabhängige variable Dynamik (Systemkomponenten)

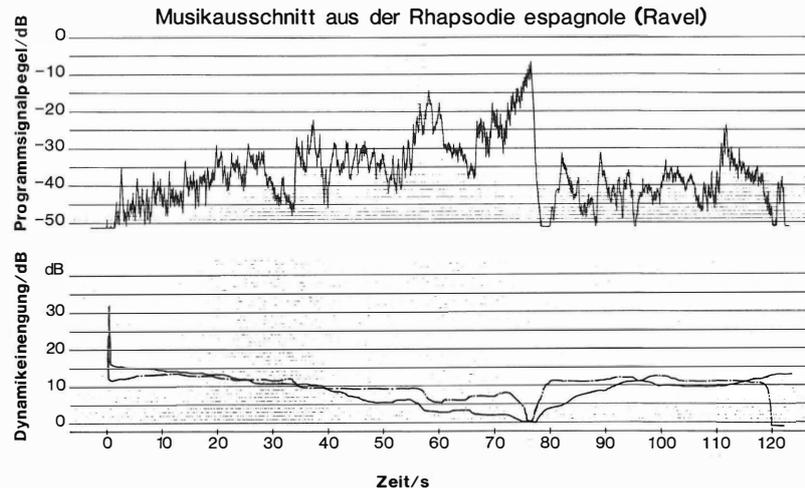


Bild 6

Musikausschnitt-Programmsignalpegel und zwei Dynamik-Stellsignale, gewonnen aus der Dynamikeinengung durch zwei verschiedene Tonmeister

3.1. Gewinnung des Dynamik-Stellsignals

Für die Dynamik-Nachbearbeitung sind Musik- und Hörspielproduktionen geeignet, die eine hohe Programmdynamik (45 bis 60 dB) und einen ausreichenden Geräuschspannungsabstand (footroom³ > 20 dB) aufweisen. Neben Live-Übertragungen gehören dazu Produktionen, die digital (16 Bit linear) oder analog mit Kompander (telcom c4) aufgezeichnet wurden. Die Bearbeitung dieser „high-quality“-Programmsignale zum Zwecke der Stellsignalgewinnung kann auf unterschiedliche Art und Weise erfolgen.

3.1.1. Stellsignalgewinnung durch den Tonmeister

Die Dynamikeingriffe, die der Tonmeister während der Aufnahme oder während der Abmischung vornimmt, um eine bestimmte Dynamikeinengung ohne hörbare Verzerrungen der Lautstärkeverhältnisse zu erzielen, sind grundsätzlich besonders gut geeignet, um daraus ein Dynamik-Stellsignal abzuleiten. Denkbar sind verschiedene Verfahren:

1. Vergleich der Programmsignal-Dynamik am Mischpultausgang mit der Signaldynamik eines Referenzmikrofons im Aufnahmerraum. Dieses Verfahren wäre besonders geeignet für Live-Übertragungen, aber auch bei Mehrspuraufzeichnung und späterer Abmischung, wenn das Signal des Referenzmikrofons mit aufgezeichnet wird. Probleme können sich bei Multimikrofonie ergeben, wenn der Tonmeister die Dynamikeinengung nicht am Summensteller, sondern in den Mikrofonwegen vornimmt. Dieses Verfahren ist noch nicht praktisch in Zusammenarbeit mit Tonmeistern erprobt worden.
2. Durchführung eines zusätzlichen Bearbeitungsschrittes direkt nach der Produktion. Das Verfahren liefert optimale Resultate, wenn der Tonmeister die Aufnahme oder Abmischung bewußt mit hoher Programmsignal-Dynamik durchführt und danach für seine eigene Produktion eine spezielle Dynamiknachbearbeitung vornimmt. Der höhere

Zeitaufwand ist dabei im Verhältnis zum Gesamtaufwand einer Produktion vertretbar. Es hat sich gezeigt, daß ein derartiges Verfahren von Tonmeistern akzeptiert wird, auch deshalb, weil damit im gesamten Übertragungsweg kein automatischer Kompressor und kein fremder Eingriff die Arbeit des Tonmeisters verändert. Das Verfahren erlaubt es dem **Tonmeister**, sowohl dem qualitätsbewußten Hörer ein Programmsignal mit hoher Dynamik zu liefern als auch dem Hörer für die Wiedergabe in lärmbelasteter Umgebung ein Programmsignal mit optimaler Dynamikeinengung sicherzustellen.

3. Durchführung eines zusätzlichen Bearbeitungsschrittes während einer Live-Übertragung. In diesem Fall müssen der erste Prozeß der Aufnahme und der nachfolgende Prozeß der Dynamiknachbearbeitung zeitgleich erfolgen, so daß dieses Verfahren praktisch nur von zwei Tonmeistern durchgeführt werden kann. Wichtig ist die konsequente Trennung der beiden Prozesse, d. h. beim Prozeß der Aufnahme sollte die Dynamik – falls überhaupt notwendig – auf etwa 50 dB eingeeengt werden. Der nachfolgende Prozeß der Dynamiknachbearbeitung müßte in einem zweiten Abhörraum geschehen, wobei hier an die Abhörbedingungen keine hohen Anforderungen gestellt werden müssen. Auch dieses Verfahren ist noch nicht praktisch in Zusammenarbeit mit Tonmeistern erprobt worden.

Im Rahmen der Systementwicklung wurden spezielle Untersuchungen zur Stellsignalgewinnung durch den Tonmeister bereits durchgeführt. Ausgewählte Musikaufnahmen mit hoher Dynamik und ausreichendem Geräuschspannungsabstand wurden von verschiedenen Tonmeistern unterschiedlich stark komprimiert. Die dabei gewonnenen Stellsignale und nachbearbeiteten Musikaufnahmen wurden aufgezeichnet, so daß für Testzwecke Programmmaterial mit reduzierter Dynamik einschließlich des zugehörigen Dynamik-Stellsignals vorliegt. Zur Veranschaulichung sind in **Bild 6** für ein Musikbeispiel der Signalpegel und die zugehörigen Stellsignale, die von

³ footroom = Schutzabstand zwischen dem minimalen Programmsignalpegel („pp“), gemessen mit Aussteuerungsmesser nach ARD-Pflichtenheft 3/6, und dem Geräuschspannungspegel, gemessen nach CCIR-Rec. 486-3.

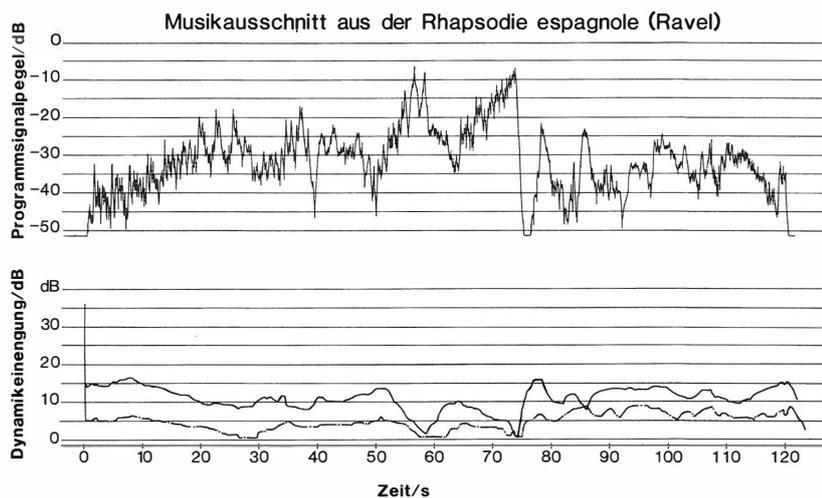


Bild 7

Musikausschnitt-Programmsignalpegel und zwei Dynamik-Stellsignale, gewonnen aus unterschiedlichen Dynamikeinengungen durch denselben Tonmeister

zwei verschiedenen Tonmeistern gewonnen wurden, in Abhängigkeit von der Zeit dargestellt. Bild 7 zeigt die entsprechenden Kurven eines Tonmeisters, jedoch für verschiedene Dynamikeinengungen.

Anhand des gewonnenen Materials wurde der zeitliche Ablauf des Stellsignals in Abhängigkeit verschiedener Parameter untersucht (siehe Abschnitt 3.1.2.). In bezug auf die Stellsignalgewinnung durch den Tonmeister sind zwei wichtige Ergebnisse gefunden worden:

1. Die Dynamikeinengung kann allein durch Anhebung der leisen Programmpassagen erfolgen; eine Absenkung der Aussteuerungsspitzen läßt sich vermeiden. Die Dynamikeinengung ist damit prinzipiell möglich ohne Beeinflussung der Aussteuerung.
2. Eine hohe Dynamikeinengung von beispielsweise 50 dB auf 20 dB stellt an den Tonmeister große Anforderungen, wenn die damit zwangsläufig verbundenen Qualitätseinschränkungen möglichst gering zur Wirkung kommen sollen. Sehr hilfreich ist es, die Dynamik bei geringem Abhörpegel und mittlerem Raumgeräusch einzuengen.

Insgesamt ist festzustellen, daß die Stellsignalgewinnung durch den Tonmeister möglich ist, daß aber andererseits noch keine betriebstechnischen Erfahrungen gesammelt worden sind. In den Rundfunkanstalten wird auf die zusätzlichen Personalkosten hingewiesen und deshalb der Einsatz eines speziellen Prozessors angestrebt.

3.1.2. Stellsignalgewinnung durch einen Prozessor

Insbesondere die nachträgliche Stellsignalgewinnung für vorhandenes Programmaterial (Archivmaterial, Compact Discs) ist aus betriebstechnischer Sicht problematisch, wenn Tonmeister dazu herangezogen werden müssen. Der Aufwand wäre wohl nur in wenigen Fällen gerechtfertigt. Auch ist die tägliche Nachbearbeitung des vorhandenen Materials für die Sendung Tonmeistern kaum zuzumuten. Zudem hat sich gezeigt, daß die Tonmeister nur ungern in die Arbeit ihrer Kollegen eingreifen. Deshalb wird sowohl von Tonmeistern als auch von Betriebstechnikern

der Einsatz eines entsprechenden Prozessors – zumindest für diesen Anwendungsfall – grundsätzlich empfohlen. Bei der Entwicklung eines derartigen Prozessors müssen zwei Verfahren unterschieden werden:

1. Prozessor mit Vorabkenntnissen

Die Stellsignalgewinnung erfolgt, nachdem der Pegelverlauf einer vollständigen Musik- oder Hörspielproduktion im Prozessor abgespeichert ist. Der Algorithmus legt den gesamten Pegelverlauf zugrunde und ermöglicht deshalb prinzipiell neben der Stellsignalgewinnung eine optimale Aussteuerung. Mit der Entwicklung dieses Prozessortyps ist noch nicht begonnen worden, doch die bereits gewonnenen Stellsignal-Daten zeigen, daß ein zufriedenstellender Algorithmus gefunden werden kann. Dieser Prozessor wäre für die Vorbereitung von High-Quality-Sendebändern besonders geeignet.

2. Prozessor ohne Vorabkenntnisse

Die Stellsignalgewinnung erfolgt, indem ein zeitlich begrenzter Pegelverlauf zugrunde gelegt wird. Der dazu notwendige Algorithmus wird z. Z. am Institut für Kommunikationswissenschaften der TU Berlin in Zusammenarbeit mit dem IRT gesucht. Erste Analyseergebnisse des aufgezeichneten Testmaterials (siehe Abschnitt 3.1.1.) und ein Entwurf eines Stellsignal-Algorithmus liegen bereits vor [8, 9]. In [8] werden Verfahren mit Vorausschauzeiten („look-ahead time“) zwischen 5 s und 20 s vorgestellt, deren dynamiksteuernde Funktionen weitgehend denen von Tonmeistern entsprechen. Weitere Untersuchungen haben gezeigt [9], daß sich die Vorausschauzeit bis auf 1 s verkürzen läßt, wobei nur bei hoher Dynamikeinengung noch ein Regelverhalten resultiert, das in manchen Fällen wahrgenommen werden kann. Die gegenwärtigen Untersuchungen konzentrieren sich auf die Optimierung des Algorithmus für eine Vorausschauzeit von 1 s, weil auch für Live-Übertragungen eine Verzögerungszeit von 1 s betriebstechnisch akzeptabel ist.

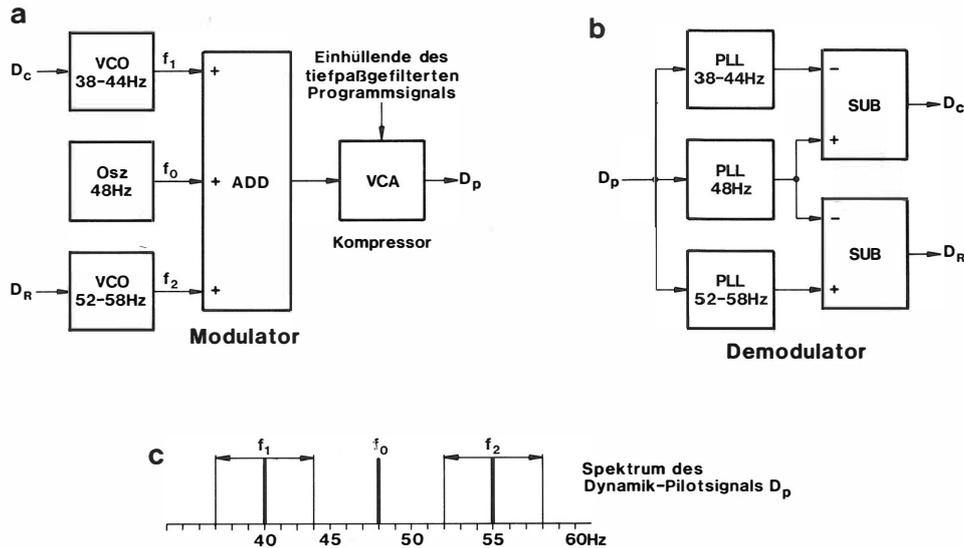


Bild 8

Modulation und Demodulation des Dynamik-Stellsignals (D_C) und des Dynamik-Referenzsignals (D_R)

Die Stellsignalgewinnung durch einen Prozessor ist grundsätzlich möglich. Die Qualität der automatischen Gewinnung hängt prinzipiell von der Länge des Zeitintervalls ab, das für den Algorithmus zugrunde gelegt wird. Es sind Hörversuche geplant, die eine Beurteilung der mit Hilfe verschiedener Prozessoren erreichbaren Qualität der Dynamikeinengung zum Ziel haben. Möglicherweise könnte sich zeigen, daß zwei unterschiedliche Prozessoren alternativ eingesetzt werden sollten – einer für die Vorbereitung von High-Quality-Sendebändern und einer für Live-Übertragungen.

3.2. Codierung und Decodierung des Dynamik-Stell- und Referenzsignals

Die unhörbare Übertragung des Dynamik-Stell- und Referenzsignals im unteren Frequenzbereich des stereofonen Seitensignals (siehe Abschnitt 2.) geschieht durch eine sog. „Differenzfrequenz-Modulation (Δ FM) und anschließende Matrizierung (siehe Bild 5). Das Verfahren wird im folgenden näher beschrieben.

3.2.1. Differenzfrequenz-Modulation und -Demodulation

Zur Übertragung der analogen Werte des Stell- und Referenzsignals im Frequenzbereich 40 bis 60 Hz wurde ein spezielles FM-Verfahren gewählt: Die Spannungswerte für das Stellsignal D_C und das Referenzsignal D_R werden entsprechend Bild 8 mit Hilfe von drei Tönen der Frequenzen f_0 , f_1 und f_2 übertragen, wobei die Differenz der Frequenzen $f_0 - f_1$ den Wert für D_C und $f_2 - f_0$ den Wert für D_R repräsentiert. Bild 8a zeigt die Differenzfrequenz-Modulation und Bild 8b die Differenzfrequenz-Demodulation im Prinzip. Bild 8c zeigt die Frequenzlagen von f_0 , f_1 und f_2 des Dynamik-Pilotsignals. Gesteuert werden f_1 und f_2 . Dabei ist f_0 eine konstante Bezugsfrequenz, mit deren Hilfe zusätzlich Amplituden- und Phasenfehler der Übertragungstrecke gemessen werden können, so daß für eine fehlerfreie Dematrizierung (siehe Abschnitt 3.2.2.) eine geeignete Amplituden- und Phasenkorrektur vorgenommen werden kann.

Die Auswertung der Differenz zweier Frequenzen gewährleistet eine hohe Übertragungssicherheit gegenüber Frequenzversatz auf der Übertragungstrecke. Auch gegenüber Amplitudenfehlern und Störspannungen bieten FM-Verfahren größere Störsicherheit als AM-Verfahren. Um im Falle ungenauer Dematrizierung Störungen durch Übersprechen des Programmsignals sicher zu vermeiden, wird ein Kompressor dem Ausgang des Modulators nachgeschaltet, der das Dynamik-Pilotsignal D_P vor der Matrizierung abhängig vom Pegel des Programmsignals anhebt. Der Pegel des Dynamik-Pilotsignals wird von den tieffrequenten Anteilen des Programmsignals so gesteuert, daß die Ruhe- bzw. Mithörschwelle nicht überschritten wird; er variiert im Bereich zwischen etwa 60 bis 20 dB unter der Vollaussteuerung. Die Zeitkonstante des Pilotsignalkompressors ist so auf die Zeitkonstanten der empfangsseitigen PLL-Schaltkreise abgestimmt, daß die Regelvorgänge des Kompressors keine Störungen verursachen.

Die Zeitkonstanten der PLL-Schaltkreise sind groß und tragen zur Störsicherheit der Übertragung des Stellsignals D_C und des Referenzsignals D_R wesentlich bei. In [8] ist festgestellt worden, daß die durchschnittliche Stellgeschwindigkeit bei Dynamikeinengungen durch Tonmeister etwa 1 dB/s beträgt. An exponierten Stellen (abrupter Übergang „pp“ „ff“) beträgt der Maximalwert der Stellgeschwindigkeit für D_C etwa 10 dB/s. Entsprechend ausgelegt sind die Zeitkonstanten der PLL-Schaltkreise.

3.2.2. Matrizierung und Dematrizierung des Dynamik-Pilotsignals

Zunächst wird durch Umsetzung aus den beiden Stereokanälen „Links“ (L) und „Rechts“ (R) das „Mitten“-Signal (M) und das „Seiten“-Signal (S) hergestellt:

$$\begin{aligned} M &= L + R, \\ S &= L - R. \end{aligned}$$

Mit Hilfe eines Hochpasses (HP) wird aus dem Signal der tieffrequente Anteil unterhalb 100 Hz ausgefil-

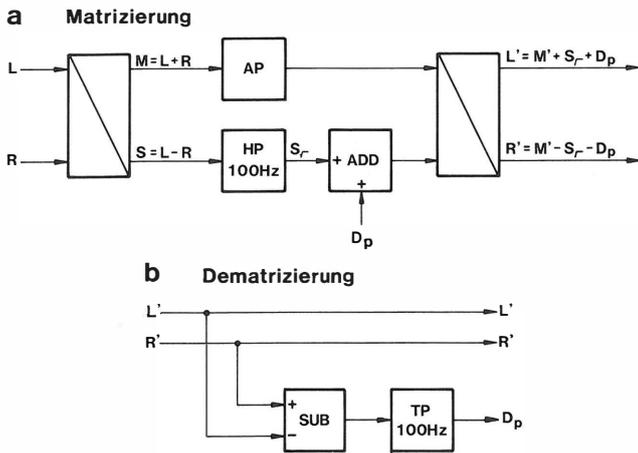


Bild 9

Codier- und Decodiermatrix zur Einführung des Dynamik-Pilotsignals (D_p) in das S-Signal

tert, in den das Dynamik-Pilotsignal D_p eingefügt wird (Bild 9, Matrizierung).

Das M-Signal durchläuft zur Kompensation der Gruppenlaufzeit des Hochpasses im S-Signalweg ein Korrekturglied (AP) mit identischer Gruppenlaufzeit. Die so aufbereiteten Signale M und S werden durch Umsetzung wieder in ein stereofones L/R-Signal überführt, das das Dynamik-Pilotsignal D_p gegenphasig enthält. Die Auskopplung des Dynamik-Pilotsignals D_p kann im Prinzip durch eine Differenzbildung $L-R$ und eine nachgeschaltete Tiefpaß-Filterung (TP) erfolgen (Bild 8b, Dematrizierung). Das unterhalb 100 Hz gleichphasige Programmsignal wird durch die Differenzbildung unterdrückt. Die Programmsignal-Unterdrückung könnte durch eine Phasen- und Amplituden-Korrekturschaltung optimiert werden, um auch bei stark verzerrenden Übertragungsstrecken eine hohe Störsicherheit zu gewährleisten. Bisherige Erfahrungen weisen aber darauf hin, daß eine derartige Streckenkorrektur praktisch nicht notwendig ist.

Hörversuch

Um zu überprüfen, ob durch die oben beschriebene Begrenzung des S-Signals keine wahrnehmbare Beeinträchtigung des stereofonen Klangbildes hervorgerufen wird, wurde mit dem Übertragungssystem ein Hörversuch (12 Versuchspersonen) durchgeführt. Es wurden insgesamt 10 kritische Musikbeispiele ausgesucht, die einen hohen S-Signalanteil im Frequenzbereich unterhalb 200 Hz aufweisen. 5 der Musikbeispiele waren intensitätsstereofone Aufnahmen, die über Lautsprecher dargeboten wurden. Die anderen 5 Beispiele waren Kunstkopfaufnahmen, die über Kopfhörer dargeboten wurden. Die Musikbeispiele waren überwiegend digital aufgezeichnet. Es wurde ein A-B-A-B-Vergleich nach CCIR-Rec. 562 durchgeführt. Die Versuchspersonen hatten die Aufgabe, für jede dargebotene Sequenz zu entscheiden, ob ein Unterschied wahrnehmbar war oder nicht. Ausgewertet wurde die relative Häufigkeit der Antworten „Unterschied“ für die Signalkopie A-B und B-A und „kein Unterschied“ für die Signalkopie A-A

und B-B (A = unverändertes Musikbeispiel, B = dasselbe Beispiel mit Hochpaßbegrenzung des S-Signals).

Bei einer relativen Häufigkeit von 100 % werden Unterschiede zwischen den dargebotenen Signalkopiepaaren sicher erkannt, während bei einer relativen Häufigkeit von 50 % keine Unterscheidbarkeit möglich ist. Allgemein wird bei dem gewählten Versuchsschema eine relative Häufigkeit von 75 % als Schwelle der Unterscheidbarkeit angesehen. Als Parameter der Untersuchung wurde die Grenzfrequenz des eingesetzten Hochpasses zur Bandbegrenzung des S-Signals in einem Bereich zwischen $f_g = 100$ Hz und $f_g = 250$ Hz variiert. Die Ergebnisse der Untersuchung sind zusammengefaßt für die 5 intensitätsstereofonen und zusammengefaßt für die 5 kopfbezogenen Musikbeispiele in Abhängigkeit von der eingestellten Grenzfrequenz des Hochpasses in Tabelle 1 angegeben.

Es zeigt sich, daß die untersuchten Bandbegrenzungen des S-Signals bei den kopfbezogenen Musikbeispielen eher wahrgenommen werden als bei den intensitätsstereofonen Beispielen. Jedoch wird die zugrundegelegte Schwelle der Unterscheidbarkeit zwischen Stereosignalen mit und ohne Bandbegrenzung der S-Signale in keinem der untersuchten Fälle überschritten. Die gewonnenen Ergebnisse weisen eine ausgezeichnete Übereinstimmung mit den Ergebnissen von McCoy [3], Harvey und Schröder [4] und Franssen [5] auf (Bild 3), die die erforderliche Kanaltrennung stereofoner Signale bei tiefen Frequenzen untersucht haben. Sie stimmen auch überein mit den Ergebnissen vieler Autoren (z. B. [10]), die zeigen, daß die Gruppenlaufzeiten von Bandpaßfiltern im unteren Frequenzbereich vollkommen unhörbar sind.

4. Nutzung des Dynamik-Pilotsignals für die Anpassung der Dynamik an unterschiedliche Übertragungswege

Wie bereits ausgeführt (siehe Abschnitt 2.) wäre eine Anpassung der Dynamik an den jeweiligen Übertragungsweg von großem Vorteil. So ist zum Beispiel die Übertragung einer CD mit großer Dynamik über Mittelwelle sehr problematisch, mit eingenger Dynamik aber durchaus möglich. Die Dynamikeinengung kann im Sendestudio mit Hilfe des Pilotsignals geschehen. Sie ist auch dann möglich, wenn – wie in Zukunft noch mehr zu erwarten als

Relative Häufigkeit der Antworten „Unterschied wahrgenommen“ in %			
Grenzfrequenz des S-Signals		in %	
		Intensitäts-Stereofonie	Kopfbezogene Stereofonie
100 Hz		48,8	56,7
125 Hz		52,5	51,7
150 Hz		61,3	62,2
200 Hz		49,6	62,2
250 Hz		55,0	62,8

Tabelle 1
Wahrnehmbarkeit eines Unterschiedes zwischen stereofonen Signalen mit und ohne Hochpaßfilterung des S-Signals

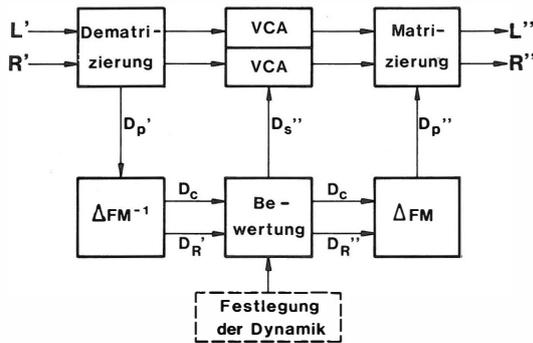


Bild 10

Festlegung der Dynamik und der Transcodierung des Dynamik-Pilotsignals (D_p) für einen speziellen Übertragungsweg

bereits jetzt – mehrere Übertragungswege gleichzeitig aus einem Sendestudio versorgt werden. Die Anpassung kann automatisch geschehen, also ohne zusätzlichen Personalaufwand. Folgende technische Maßnahmen sind dafür prinzipiell erforderlich (Bild 10):

1. Das Dynamik-Stellsignal D_C und das Dynamik-Referenzsignal D_R' werden gewonnen, und mit deren Hilfe wird das stereofone Signal durch VCAs auf den gewünschten Dynamikumfang verändert (Festlegung der Dynamik).
2. Nach Maßgabe der gewünschten Dynamikveränderung durch das Dynamik-Steuersignal D_S'' ergibt sich ein neues Dynamik-Referenzsignal D_R'' .
3. Das neue Dynamik-Referenzsignal D_R'' wird zusammen mit dem Dynamik-Stellsignal D_C neu codiert: Nach Differenzfrequenz-Modulation (ΔFM) entsteht das neue Dynamik-Pilotsignal D_P'' , welches entsprechend Bild 9 neu matriziert wird. Dabei wird vorher das ursprüngliche Dynamik-Pilot-Signal D_P' (durch den Hochpaß in Bild 9) ausgefiltert.

Bild 11 zeigt, daß die Dynamikveränderung im Prinzip im stereofonen M/S-Signal erfolgen kann, woraus sich technische Vorteile ergeben können. Allerdings muß dazu ein sehr genauer Gleichlauf der beiden VCAs vorausgesetzt werden, der in professionellen Geräten realisierbar ist. Bild 11 zeigt auch,

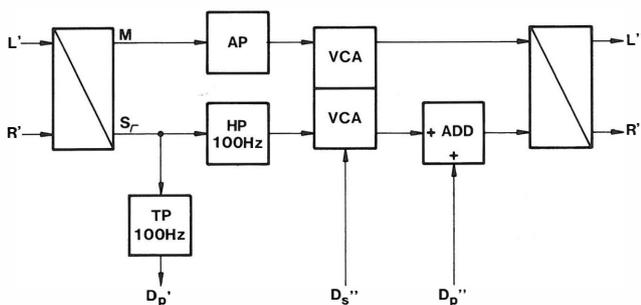


Bild 11

Festlegung der Dynamik und der Transcodierung des Dynamik-signals (D_p) im stereofonen M/S-Signal

daß durch Einsatz eines Hochpasses (HP) das Dynamik-Pilotsignal D_P' ausgefiltert wird, so daß in dem freien Frequenzbereich unterhalb 100 Hz das neue Pilotsignal D_P'' in das S-Signal eingefügt werden kann. In späterer Zukunft – wenn auch für den Heimbereich eine digitale Tonaufzeichnung mit Zusatzsignalen möglich ist – könnte das Dynamik-Pilotsignal **durchgehend** als digitalisiertes Zusatzsignal verwendet werden. Dann ist für die Anpassung der Dynamik im Sendestudio die Auswertung und Umcodierung des Dynamik-Pilotsignals erforderlich, die Dynamikänderung erfolgt wie im bereits beschriebenen Fall durch VCAs, die Matrizierung und Dematrizierung des stereofonen Signals würde entfallen.

5. Ergebnisse und Schlußfolgerungen

Mit den vorliegenden Musikaufnahmen, die von Tonmeistern nachbearbeitet wurden und für die Dynamik-Stellsignale vorlagen (siehe 3.1.), wurden mit Hilfe der realisierten Dynamik-Steuerung orientierende Hörversuche durchgeführt. Zunächst wurde festgestellt, daß eine variable Expansion, mit der die Dynamik des wiedergegebenen Programmaterials in einem Bereich von etwa 50 bis 25 dB verändert werden konnte, zu keiner Qualitätsbeeinträchtigung durch wahrnehmbare Regelvorgänge führt. Dies war auch der Fall, wenn z. B. das Rauschen einer Übertragungstrecke simuliert wurde oder das Rauschen eines Kassettenrecorders vorhanden war und die Rauschunterdrückung durch den Expander beurteilt werden sollte. Der Gewinn an Geräuschspannungsabstand kann etwa 25 dB betragen, ohne daß Regelvorgänge verbunden mit einer Modulation des Streckenrauschens wahrnehmbar werden. Bei den Hörversuchen wurden verschiedene Abhörbedingungen, z. B. Abhören unter Lärmbelastigung oder Abhören mit geringer Lautstärke, simuliert. Die Versuchspersonen konnten die Wiedergabedynamik bei der jeweiligen Abhörsituation individuell wählen. Das Ergebnis der Hörversuche ist, daß das realisierte System einer variablen Programmdynamik eine optimale Anpassung an die unterschiedlichsten Abhörbedingungen gestattet. Damit ist auf der Empfangsseite das Dynamik-Pilotsignal vielseitig nutzbar, zur Anpassung der Programmdynamik an unterschiedliche Abhörbedingungen, zur Anzeige der übertragenen und der gewählten Dynamik, zur Rauschunterdrückung bei Heimtonbandgeräten, zur Anpassung der Lautstärken von Sprache und Musik.

Darüber hinaus kann das Dynamik-Pilotsignal von den Sendeanstalten genutzt werden, um die Programmdynamik an verschiedene Übertragungswege, z. B. an analoge terrestrische oder digitale Satellitenübertragung anzupassen. Selbstverständlich ist das vorgestellte Konzept einer variablen Dynamik nicht nur für die Produktion und die Übertragung von Hörfunkprogrammen nutzbar, sondern auch für den Ton bei Fernsehproduktionen und für Schallplattenproduktionen. Auch beim Abhören des Fernsehtons und von Schallplatten, speziell bei der Compact Disc (CD), muß ein großer Vorteil darin gesehen werden, die Programmdynamik an unterschiedliche Abhörbedingungen individuell anpassen zu können. Würde die

Schallplattenindustrie dem vorgeschlagenen Konzept einer variablen Dynamik folgen, so könnte das auf der CD enthaltene Dynamik-Pilotsignal von den Rundfunkanstalten für die Übertragung genutzt werden.

Wir danken unseren Kollegen, insbesondere den vielen Tonmeistern, die sich mit dieser für sie ungewöhnlichen Aufgabe bereitwillig befaßt haben. Besonders danken wir den Herren A. Dehler, J. Oelmann und F. Weiermann für die schaltungstechnische Entwicklung der Geräte und Herrn M. Thomas für die Durchführung von Hörversuchen.

SCHRIFTTUM

- [1] Müller, K.: Welche Konzertdynamik wünscht der Rundfunkhörer? Rundfunktech. Mitt. 14 (1970), S. 268 bis 274.
- [2] Slot, G.: Die Wiedergabequalität elektroakustischer Anlagen. Philips Taschenbücher. N. V. Philips' Gloeilampenfabrieken, Eindhoven, Niederlande 1985.
- [3] McCoy, D. S.: Distortion of auditory perspective produced by inter-channel mixing at high and low audio frequencies. J. of the Audio Eng. Soc. 9 (1961), S. 13 bis 18.
- [4] Harvey, F. K.; Schröder, M. R.: Subjective evaluation of factors affecting two-channel stereophony. J. of the Audio Eng. Soc. 9 (1961), S. 19 bis 28.
- [5] Franssen, N. V.: Some investigations on directional hearing. R.G.T. Monitor 2 (1960), Heft 8.
- [6] Zwicker, E.; Feldtkeller, R.: Das Ohr als Nachrichtenempfänger. S. Hirzel Verlag, Stuttgart 1967.
- [7] ISO/226: Normal equal-loudness contours for pure tones and normal threshold of hearing under free conditions. International Organization for Standardization, Genf. Alleinverkauf: Beuth Verlag, Berlin.
- [8] Million, A.; Krause, M.: Intelligenter automatischer Kompaner mit großen Zeitkonstanten. Nachrichtentech. Fachber. 91 (1986), Hörrundfunk 7. VDE-Verlag, Berlin, S. 332 bis 339.
- [9] Krause, M.; Million, A.: Hörbarkeit der Pegeleinriffe eines intelligenten Kompaners. Fortschritte der Akustik — DAGA 86, Oldenburg. DPG-GmbH, Bad Honnef 1986, erscheint demnächst.
- [10] Blauert, J.; Laws, P.: Delay distortions in electroacoustical systems. J. of the Acoust. Soc. Am. 63 (1978), S. 1478 bis 1483.

Die Autoren



Prof. Dr. Georg Plenge (57) war nach Abschluß seiner Tonmeisterausbildung zunächst als Tonmeister, später als Toningenieur im Sender Freies Berlin tätig. Danach war er im Bereich der raumakustischen Forschung im Heinrich-Hertz-Institut in Berlin tätig sowie als Hochschullehrer an der TU Berlin. Seit 1976 leitet er den Fachbereich Studiotechnik Hörfunk des Instituts für Rundfunktechnik, München.



Dipl.-Ing. Gerhard Spikofski (36) studierte Elektrotechnik an der Technischen Universität Berlin. Seit 1980 ist er Wissenschaftlicher Mitarbeiter im Institut für Rundfunktechnik, München. Sein Arbeitsgebiet ist die Entwicklung und Optimierung von Systemen der Tonaufnahme und -wiedergabe unter besonderer Berücksichtigung psychoakustischer Aspekte.



Dr.-Ing. Günther Theile (42) studierte Nachrichtentechnik an der Fachhochschule in Bremen und an der Technischen Hochschule in Berlin. Er war bei Philips, Bremen, und am Heinrich-Hertz-Institut, Berlin, tätig. Seit 1977 ist der Wissenschaftliche Mitarbeiter im Institut für Rundfunktechnik, München. Seit 1980 leitet er den Arbeitsbereich Systeme der Ton-Aufnahme/Wiedergabe.

TECHNISCHE MERKMALE UND PLANUNGSVERFAHREN BEI EINER ZUKÜNFTIGEN NEUVERTEILUNG DER FREQUENZEN IM KURZWELLENRUNDFUNK¹

VON KARL FUCHS

Manuskript eingegangen am 8. Juli 1986

Kurzwellenversorgung

Zusammenfassung

Die vorliegende Ausarbeitung befaßt sich mit den Ergebnissen der ersten Sitzungsperiode der KW-Planungskonferenz und den damit zusammenhängenden Aktivitäten des IFRB. Gegenstand sind einige wesentliche Aspekte des computergestützten Planungsverfahrens, das der IFRB zwischen den beiden Sitzungsperioden in enger Anlehnung an den Konferenzbericht zu erstellen und zu erproben hat, sowie die Hauptmerkmale eines zukünftigen Einseitenbandsystems für den Kurzwellenrundfunk.

Summary Technical characteristics and planning procedure for new future frequency-sharing in HF broadcasting

The article presents the results of the First Session of the HF Conference and describes the activities of the IFRB in this domain. It details some basic aspects of the computer planning system which the IFRB has had to develop and test between the two sessions, conforming as closely as possible to the decisions taken by the Conference, and the main characteristics of a future single-sideband system for HF broadcasting.

Sommaire Caractéristiques techniques et procédure de planification pour un nouveau partage ultérieur des fréquences en radiodiffusion B.dam

L'article présente les résultats de la première session de la Conférence B.dam et il évoque les activités de l'IFRB qui s'y rapportent. Il décrit quelques aspects fondamentaux du système de planification par ordinateur que l'IFRB a dû concevoir et expérimenter entre les deux sessions le plus conformément possible aux dispositions prises par la Conférence, ainsi que les caractéristiques principales d'un futur système à bande latérale unique pour la radiodiffusion en B.dam.

1. Einleitung

Die Aufstellung eines Frequenzplans für den Kurzwellenrundfunk erfordert wegen der weltweiten Ausbreitung der Kurzwelle über die Ionosphäre auch weltweite Anstrengungen und gestaltet sich ungleich schwieriger als regionale Koordinierungen in anderen Rundfunkbereichen. Mehr als dort spielen hier wegen der großen Reichweite neben technischen auch politische Aspekte eine Rolle.

So sind in der Vergangenheit zahlreiche Versuche einer Kurzwellen-Planung gescheitert, vor allem auch an der Schwierigkeit der Beteiligung einer so großen Zahl von Nutzern dieser Frequenzbereiche. Seither wird vom IFRB (International Frequency Registration Board) zur Aufstellung jahreszeitlicher Kurzwellenpläne das Verfahren nach Artikel 17 der Vollzugsordnung für den Funkdienst [1] praktiziert, das von vielen Ländern als unzureichend empfunden wird und sicherlich nicht den Erfordernissen einer optimalen Spektrumsnutzung genügt. Hinzu kommt eine wachsende Überfüllung der für den Tonrundfunk im Kurzwellenbereich zur Verfügung stehenden Frequenzbänder. Und zu allem Überfluß sind zunehmend Aktivitäten absichtlicher Störsender zu beobachten.

Anlässlich der WARC 79 wurde ein erster Schritt hinsichtlich einer Entlastung des Kurzwellenspektrums unternommen. Zusätzliche Frequenzbereiche sollen bis Mitte 1989 bzw. 1994 von anderen Funkdiensten freigemacht sein, so daß dann, ein Kanalraster von 5 kHz vorausgesetzt, für den KW-Rundfunk zusätzlich insgesamt 155 neue Kurzwellenkanäle zur Verfügung stünden, wären diese nicht mitt-

lerweile schon weitgehend von Kurzwellenrundfunkern in der ganzen Welt belegt.

Weitere Schritte für eine bessere Nutzung der Kurzwellenrundfunkbereiche wurden während der ersten Sitzungsperiode der Weltweiten Planungskonferenz für den KW-Rundfunk (WARC HFBC 1984/1987) vorbereitet. Auf diesem ersten Teil der Konferenz Anfang 1984 wurden die technischen Grundlagen für eine Neuordnung des KW-Tonrundfunks erarbeitet und allerlei Grundsätze für ein Planungsverfahren festgelegt. Die Ergebnisse wurden in einem Bericht für die zweite Sitzungsperiode zusammengefaßt [2]. Dabei ergaben sich technischerseits die folgenden zwei Schwerpunkte:

Langfristig will man die Zahl der möglichst ungestört nutzbaren Kanäle u. a. dadurch erhöhen, daß man auch im KW-Tonrundfunk zu dem Bandbreite sparenden System der Einseitenband-Modulation (SSB) übergeht. Für eine zukünftige schrittweise Einführung eines solchen Systems wurden die technischen Parameter festgelegt [3].

Bis dahin will man nach einem während der ersten Sitzungsperiode skizzierten Planungsverfahren vorgehen [4], das sich ganz auf die zur Zeit benutzte Zweiseitenband-Modulation (DSB) stützt. Dieses Verfahren soll bis zum zweiten Teil der Konferenz (27. Januar bis 13. März 1987) von einer Arbeitsgruppe beim IFRB (HFBC-Team) in einen rechnerisch anwendungsfähigen Algorithmus umgesetzt und an Hand von vorläufigen Frequenzanforderungen der einzelnen Länder unter Variation zahlreicher Parameter erprobt und optimiert werden.

Das Hauptaugenmerk der an Kurzwelle interessierten Länder gilt im Moment ohne Zweifel diesem letzten Punkt und damit dem Fortgang der intersessionellen Arbeit beim IFRB in Genf. Dort wird sich bis zum zweiten Teil der Konferenz zeigen, in-

¹ Überarbeitetes Manuskript eines Vortrages, gehalten auf der 7. Fachtagung Hörrundfunk der Nachrichtentechnischen Gesellschaft (NTG) in Mannheim, 12. bis 14. November 1985.

wieweit eine computergestützte weltweite Planung auf der Grundlage der Beschlüsse von 1984 technisch realisierbar und finanzierbar sein wird. Möglicherweise werden die Ergebnisse erster Testrechnungen durch den IFRB schon vor Erscheinen dieses Artikels publiziert und den Verwaltungen zugänglich gemacht sein.

Diese ersten Ergebnisse, die ein solches Planungssystem liefern wird, werden von grundlegender Bedeutung sein für die beteiligten Verwaltungen und für die Kurzwelle überhaupt. Es wird sich daraus ablesen lassen, inwieweit die vorläufigen Rundfunkanforderungen (Requirements) der einzelnen Verwaltungen, und hier besonders die der großen Nutzer, bei einer weltweiten Planung nach dem Gleichheitsprinzip befriedigt werden können. Und dies auch dann, wenn die ersten Planergebnisse für einzelne jahreszeitliche Perioden tatsächlich nur Testcharakter besitzen werden. Angesichts der im Zusammenhang mit der Einreichung der Requirements zum 1. August 1985 bekanntgewordenen Vergrößerung der Gesamtzahl von Standorten für KW-Sendeanlagen und der wachsenden Anzahl von 500-kW-Anforderungen in der ganzen Welt muß mit erheblichen Einschränkungen für einzelne Nutzer gerechnet werden.

2. Übergang auf SSB-Modulation

Vor diesem aktuellen Hintergrund gerät freilich nahezu in Vergessenheit, daß auf lange Sicht die Vorteile der SSB-Modulation genutzt werden sollten. Das ist heute nur in beschränktem Umfang möglich, weil nur ganz wenige Sender einseitenbandfähig und praktisch keine Empfänger mit Produktdemodulatoren auf dem Markt sind. Daher ist vom ersten Konferenzteil her für die Einführung der SSB-Technik an eine lange Übergangsperiode gedacht, während der neben den bisherigen DSB-Aussendungen zunehmend SSB-modulierte Sendungen ausgestrahlt werden sollen. Für diese SSB-Aussendungen während der Übergangsperiode sind besondere technische Maßnahmen festgelegt, die dem Hörer den Empfang solcher Sendungen mit herkömmlichen DSB-Empfängern ermöglichen sollen. Über Beginn und Dauer der Übergangsphase, für die voraussichtlich ein Zeitraum von 20 Jahren vorgesehen wird, soll während der zweiten Sitzungsperiode der Konferenz entschieden werden.

Die Vorteile des Einseitenband-Systems nach Ablauf dieses Zeitraums sind im Bericht an die zweite Sitzungsperiode zusammengefaßt [2]. Da im Vergleich mit DSB-Betrieb nur eine halb so große Bandbreite erforderlich ist, wird das zur Verfügung stehende Frequenzspektrum effizienter genutzt werden. Würde man nicht heute schon, allerdings unter Hin-nahme von Qualitätseinbußen, ein 5-kHz-Kanalraster benutzen, könnte man von einer Verdoppelung der Kanalzahl sprechen. So hat man bei vergleichbarer Kanalbelegung zumindest eine Verbesserung der Interferenzsituation. Der erforderliche Nachbarkanalschutzabstand kann bei einer ausreichenden Trägerreduktion verringert werden. Dadurch wird die erforderliche äquivalente Senderleistung wesentlich geringer, wodurch eine nicht unerhebliche Betriebskostensparnis zu erzielen ist.

Außerdem können starke nichtlineare Verzerrungen beim Empfang, wie sie infolge selektiven Schwunds vorkommen, bei der Produktdemodulation vermieden werden. Allerdings kann der Trägerpegel nicht beliebig gesenkt werden und muß so hoch bleiben, daß die Synchronisierung des Oszillatorsignals ohne großen Aufwand möglich bleibt [3]. Als vertretbarer Kompromiß wurde vom ersten Konferenzteil für die Zeit nach dem Übergang eine Trägerunterdrückung von 12 dB bezogen auf die Spitzenleistung beschlossen.

Weitere technische Merkmale des SSB-Systems nach der Übergangszeit: Der Tonfrequenzbereich soll 4,5 kHz nicht überschreiten, oberhalb davon soll die Dämpfung 35 dB/kHz betragen. Das untere Ende soll bei 150 Hz liegen und dort wegen der Träger-rückgewinnung im Empfänger mit einem Dämpfungsanstieg von 6 dB/Oktave begrenzt sein. Die erforderliche HF-Bandbreite soll 4,5 kHz nicht überschreiten.

Für die Übergangszeit ist ein Kanalraster von 10 kHz vorgesehen, ein 5-kHz-Frequenzabstand ist jedoch möglich, wenn die Aussendungen unterschiedliche geographische Zielgebiete haben. Für die Zeit nach dem Übergang, wenn nur noch SSB-Betrieb erfolgt, ist dann generell ein 5-kHz-Kanalraster vereinbart. Die nominellen Trägerfrequenzen sollen ganzzahlige Vielfache von 5 kHz betragen. Es soll das obere Seitenband ausgestrahlt und das unerwünschte untere demgegenüber um mindestens 35 dB unterdrückt werden. Die Frequenztoleranz der SSB-Träger soll ± 10 Hz betragen. Der für die Planung zugrundegelegte Referenzempfänger soll eine Bandbreite von 4 kHz und für eine verbesserte Selektion eine Flankensteilheit von 35 dB/kHz aufweisen. Für die Übergangszeit soll eine Trägerreduktion von 6 dB vorgenommen werden, damit der Empfang von SSB-Aussendungen mit herkömmlichen Hüllkurvendemodulatoren ohne große Qualitätseinbußen sichergestellt ist. 6 dB Trägerabsenkung bedeuten, daß Trägeramplitude und Seitenbandamplitude des SSB-Signals gleich groß sind. Dieser Wert ermöglicht eine vertretbare Verzerrungsfreiheit bei Hüllkurvendemodulation. Am Ende der Übergangsperiode soll dann eine Trägerunterdrückung von 12 dB vorgenommen werden, wodurch ein möglichst niedriger Leistungsverbrauch des SSB-Senders gewährleistet ist.

Die Deutsche Bundespost hat in einem Langzeitversuch, der im November 1984 zu Ende ging, Einseitenband-Sendungen mit Programmen der Deutschen Welle von der Rundfunksendestelle Wertachtal abgestrahlt. Zweck der Versuche war die Beurteilung der Empfangsqualität von SSB-Aussendungen in besonders weit entfernten Zielgebieten. Entsprechend den Zielgebieten der Deutschen Welle wurden dabei unterschiedliche Frequenzen eingesetzt. Empfangs-vergleiche zwischen Zweiseitenband- und Einseitenbandaussendungen liegen vor und stammen aus den Wintermonaten 1983/1984 und wurden in den Zielgebieten Südamerika und Australien vorgenommen. Eine Auswertung der Empfangsergebnisse durch die Deutsche Welle zeigt, daß man den Hörern mit konventionellen Empfängern bei Einseitenbandbetrieb durchaus eine Trägerreduktion von 6 dB ohne

große Qualitätseinbußen zumuten kann. Ähnliche Ergebnisse lieferte auch ein SSB-Test mit Sendungen über den Kurzwellensender Mühlacker des Süddeutschen Rundfunks. Daß die Zweiseitenbandsendungen im Vergleich im allgemeinen besser beurteilt wurden, liegt an der höheren Seitenbandleistung bei Zweiseitenbandbetrieb. Nachteil während der Übergangsperiode ist nämlich, daß die äquivalente Seitenbandleistung eines SSB-Senders bei gleicher Empfängerbandbreite um 3 dB größer sein müßte als die Summe der Leistungen der beiden Seitenbänder eines DSB-Senders, wenn der gleiche Lautstärkeindruck beim Empfänger erzielt werden soll. Um das gleiche Versorgungsergebnis zu erreichen, ist in dem Zeitraum der Übergangsphase also eine insgesamt höhere Leistung erforderlich. Daher liefern SSB-Aussendungen mit äquivalenter Seitenbandleistung bei gleichzeitigem DSB-Betrieb im gleichen Frequenzband ein höheres Interferenzpotential, wodurch SSB-Aussendungen vom Planungsstandpunkt während der Übergangsphase für den Nutzer weniger attraktiv erscheinen. Zu diesem Ergebnis kommen auch Gleichkanal-Schutzabstandsuntersuchungen der IWP 10/1 der Studienkommission 10 des CCIR, die mit Hinsicht auf die Übergangszeit durchgeführt wurden, wenn nebeneinander Einseitenband- und Zweiseitenband-Betrieb stattfinden wird.

Wegen der Nachteile in der Übergangsphase und der wirtschaftlichen und politischen Problematik bei der Einführung von SSB wünschen viele Kurzwellennutzer für den zweiten Konferenzteil den Beschluß eines möglichst späten Beginns der Übergangsperiode. Es besteht nämlich überdies die Gefahr, daß in einzelnen Ländern SSB-Empfänger überhaupt nicht auf den Markt gebracht oder nur zu sehr hohen Preisen verkauft werden, so daß der freie Informationsfluß in solche Länder dadurch eingeschränkt werden könnte.

3. Grundzüge des Planungsverfahrens des IFRB

Der IFRB hat von der Konferenz den Auftrag, auf der Basis von DSB-Betrieb entsprechend den Beschlüssen über die technischen Parameter und die Planungsgrundsätze ein Rechenverfahren für die Frequenzuteilung zu implementieren und an den eingereichten Requirements zu testen. Das Ergebnis seiner Untersuchungen hat der IFRB den Verwaltungen sechs Monate vor Beginn der zweiten Sitzungsperiode vorzulegen [2]. Im vergangenen Jahr hat der IFRB mit mehreren Rundschreiben schrittweise die bis dahin erarbeiteten Kapitel des HFBC-Planungssystems, das wegen seines weitgehend mathematischen Charakters auch unter dem Begriff Planungsalgorithmus bekanntgeworden ist, veröffentlicht und den Verwaltungen zur Verfügung gestellt. Die Hauptschwierigkeit bei der Arbeit des IFRB ergab sich daraus, daß manche Aussagen im Konferenzreport unklar oder wegen der Kompromißfähigkeit der Texte interpretationsbedürftig waren. In einzelnen Punkten mußte das HFBC-Team beim IFRB von den Aussagen des Konferenzberichts abweichen oder Modifizierungen vornehmen, meistens deshalb, weil das Rechenverfahren aus Gründen der Rechnerkapazität so einfach wie möglich gestaltet werden mußte. Einzelne

Punkte des Verfahrens sind offenbar noch im Teststadium und deshalb bis zum gegenwärtigen Zeitpunkt nicht vollständig publiziert. Hauptmerkmale des Verfahrens sind aber heute schon bekannt [4], und es mag sein, daß der IFRB noch vor Erscheinen dieses Artikels eine überarbeitete Fassung des gesamten Planungsverfahrens veröffentlicht haben wird. Das Verfahren kann in drei verschiedene Phasen unterteilt werden:

In der Phase I werden mehrere Datensätze zusammengestellt, die als Grundlage für das Verfahren dienen. Diese Daten sind zum Teil unabhängig von der Zeit der betrachteten Saison und können als fest angesehen werden. Dies gilt für die geographischen Koordinaten aller Testpunkte in den Empfangszonen (CIRAF-Zonen oder CIRAF-Quadranten) ebenso wie für die Charakteristiken einer bestimmten Auswahl von Referenzantennen (bisher 24 Antennentypen und ein Rundstrahler). Der IFRB hat für die 85 CIRAF-Zonen (inklusive maritime Zonen) insgesamt 911 Testpunkte festgelegt. Die ursprüngliche Liste von weltweit 907 Testpunkten für die Feldstärkeberechnung wurde revidiert und durch eine neue Liste mit insgesamt 911 Testpunkten ersetzt. Einige Testpunkte wurden gegenüber der alten Liste geographisch verschoben und vier neue Testpunkte kamen hinzu. Diese Maßnahme wurde erforderlich, weil manche Verwaltungen für ihre Requirements, insbesondere für Zwecke der nationalen Versorgung, von der Möglichkeit Gebrauch gemacht hatten, als Zielgebiet ein Kreissegment in der Umgebung der Sendestelle anzugeben, das durch einen Winkelausschnitt und eine Versorgungsdistanz definiert ist. Dabei ergaben sich teilweise Zielgebiete, in denen keiner der ursprünglichen Testpunkte lag.

Die Antennendaten werden in Zukunft um eine erhebliche Zahl von Datensätzen ergänzt sein, wenn der IFRB das Ergebnis der intersessionellen Arbeit der IWP 10/1 mitberücksichtigen kann. Dies betrifft die überwiegend frequenzabhängigen Antennendiagramme für Breitband- und schielende Antennen, wie sie zum größten Teil von den großen Rundfunkanstalten betrieben werden.

Andere Daten variieren mit der Tages- bzw. Jahreszeit und müssen immer wieder neu erstellt werden. Dazu gehören die Daten über die Merkmale der Rundfunkanforderungen selbst. Außerdem unterliegen die Mindestfeldstärkewerte an den einzelnen Testpunkten tages- und jahreszeitlichen Schwankungen. Unter dem Begriff Mindestfeldstärke versteht man einen für jeden Testpunkt theoretisch ermittelten Feldstärkewert, der in einem bestimmten Abstand oberhalb eines Störgeräuschpegels liegt. Dieser Wert ist für jedes Frequenzband auszurechnen und unterliegt zeitlichen Variationen, sofern er maßgeblich durch das atmosphärische und nicht durch das empfangereigene Rauschen bestimmt ist. Dieser Datensatz heißt auch „Mindestfeldstärke-Atlas“.

In der Phase II wird der Wert der Mindestfeldstärke benutzt für die Beurteilung der Versorgungszuverlässigkeit. An jedem Testpunkt im Zielgebiet wird mit Hilfe des Vorhersageverfahrens der Feldstärkewert des Nutzsymbols prognostiziert und mit der Mindestfeldstärke verglichen. Unter Berücksichtigung der zeitlichen Schwankungen von Kurz-

wellensignalen (Schwund) liefert ein solcher Vergleich den Wert für eine gewisse Grundzuverlässigkeit des Übertragungsweges, die „Basic Circuit Reliability“ (BCR). Dieser Wert wird als Prozentzahl angegeben und ist für jeden Testpunkt, alle angeforderten Betriebsstunden, alle möglichen Frequenzbänder und alle in Frage kommenden Betriebsleistungen für den angegebenen Antennentyp zu ermitteln und abzuspeichern. Da das Feldstärkevorhersageverfahren zum Teil mehrere Moden für E- und F-Schicht-Ausbreitung unterscheidet, müssen für die Übertragungsbeurteilung von Sendeanlage zu Testpunkt unter Berücksichtigung der Antennendiagramme erhebliche Rechenzeiten veranschlagt werden [5]. Ein Beispiel des IFRB für die Vorausberechnung der Feldstärken zeigt, daß allein hierfür bei vier Frequenzbändern und 24 Stunden 540 Millionen Informationselemente erforderlich sind.

Der CCIR hatte von der Konferenz den Auftrag, zwischen den beiden Sitzungsperioden für die Testrechnungen des IFRB die Werte für zwei Korrekturfaktoren (L_y und L_z) im Vorhersageverfahren zu ermitteln und festzulegen (Abschnitt 3.2.1.3 im Konferenzbericht). Dies ist inzwischen geschehen und mit der Schlußtagung der Studienkommission 6 des CCIR zum Abschluß gekommen. Die IWP 6/1 hat Feldstärkemessungen von verschiedenen Verwaltungen gesammelt. Die daraus erstellte neueste Datenbank enthält mehr als 12 000 Monatsmedianwerte. Diese wurden von der IWP 6/13 benutzt, die Korrekturfaktoren für die Vorhersagemethode der WARC, die im wesentlichen mit dem CCIR-Report 894 identisch ist, zu gewinnen. Die Korrekturfaktoren L_y und L_z in den Ausbreitungsformeln kompensieren Ungenauigkeiten in der Vorhersagemethode, die durch unvermeidbare Vereinfachungen, bedingt durch die Forderung nach einer „schnellen“ Vorhersagemethode, verursacht wurden. Vorläufige Werte für L_y und L_z wurden ursprünglich von der IWP 6/12 durch Vergleich von gerechneten und gemessenen Feldstärken auf der Grundlage der alten Datenbank festgelegt. Die IWP 6/13 hat variable Korrekturfaktoren erwogen, die sich mit der Entfernung zwischen Sender und Zielgebiet und dem geographischen Raum ändern. Man war jedoch der Meinung, daß die Anzahl der Meßwerte nicht ausreicht, mehr als nur neue Festwerte auf der Grundlage der neuen Datenbank zu bestimmen. Es wurden folgende Werte beschlossen: $L_y = -3,9$ dB und $L_z = 7,3$ dB. Mit den neuen Faktoren wird die mittlere Abweichung zwischen Vorhersagen und Messungen sehr klein, aber der RMS-Wert bleibt dabei unverändert und liegt bei etwa 17 dB.

Aus den Werten der „Basic Circuit Reliability“ (BCR) an den einzelnen Testpunkten wird für das Versorgungsgebiet ein repräsentativer Wert ermittelt, der als „Basic Broadcast Reliability“ (BBR) bezeichnet wird. Dieser Wert entspricht dem BCR-Wert, der an einem bestimmten Prozentsatz von Testpunkten (80 % oder 90 %) erreicht wird. Während die BCR eine Zeitwahrscheinlichkeit für das Erreichen oder Überschreiten der Mindestfeldstärke an einem einzelnen Punkt darstellt, kann man die BBR als die entsprechende Ortswahrscheinlichkeit verstehen. Der BBR-Wert ist maßgebend dafür, ob man für

eine Rundfunkanforderung eine oder zwei zusätzliche Frequenzen bekommt, und schließlich dafür, ob voller Schutz (27 dB Gleichkanal-Schutzabstand) oder reduzierter Schutz gewährt wird, oder ob ein Requirement ganz zurückgewiesen wird, weil es nicht einmal den minimalen Standard für eine befriedigende Versorgung erreicht. Ob der ausschlaggebende Wert der BBR 80 % oder 90 % betragen soll, ist ebenfalls noch nach entsprechenden Testrechnungen des HFBC-Teams zu entscheiden.

Ein Vergleich der Ergebnisse, die für ein Requirement in den verschiedenen möglichen Frequenzbändern erzielt werden, führt zur Bestimmung des sogenannten „most appropriate band“. Der IFRB bedauert, daß im Konferenzbericht Kriterien hinsichtlich des Begriffs „appropriate band“ fehlen. Der IFRB beabsichtigt, dasjenige Band als „appropriate band“ zu betrachten, bei dem der vereinbarte BBR-Wert und der beste Bedeckungsgrad mit möglichst geringer Leistung erreicht werden können. Dabei sollen aber die technischen Möglichkeiten einer Sendestelle ebenso in Rechnung gestellt werden wie Gesichtspunkte der Frequenzkontinuität. Außerdem werden die Feldstärkeergebnisse berücksichtigt, die sich an Testpunkten außerhalb des Zielgebietes ergeben. Dort wirken sie als Interferenzfeldstärken, die bei der Planungsphase III eine wichtige Rolle spielen.

Die Phase III beginnt mit der Zuweisung von einem oder mehreren „appropriate bands“ für jede Anforderung. Mit diesem Schritt ist die Phase der Qualitätsbeurteilung der Nutzfeldstärke gegenüber störenden Geräuschen zu Ende und es beginnt die Phase der Verträglichkeitsuntersuchungen der einzelnen Requirements untereinander. Aus den Nutz- und Interferenzfeldstärken wird für jedes Band eine sogenannte Störabstands- oder S/I-Matrix konstruiert. Diese Matrix besteht jeweils aus Elementen von Signal-zu-Interferenz-Werten, die sich paarweise an den Testpunkten errechnen lassen, wobei für den betrachteten Nutzsender ein repräsentativer Wert genommen wird, der an einer bestimmten Prozentzahl (80 % oder 90 %) der Testpunkte erreicht wird. Normalerweise werden für diese Untersuchung sämtliche Testpunkte herangezogen, mit Ausnahme der Spezialfälle proportional reduzierter Schutz, nicht-zusammenhängende Zielgebiete und synchronisierter Betrieb, die besonders behandelt werden.

Aus den S/I-Matrizen, die für jedes Frequenzband und jede Stunde für ein bestimmtes Zielgebiet konstruiert werden, wird unter Berücksichtigung der Gleich- und Nachbarkanalverträglichkeit jeweils eine zugehörige Inkompatibilitätsmatrix erstellt. Beurteilungsgrundlage der Interferenzsituation und damit der Verträglichkeit einzelner Requirements ist der von der Konferenz beschlossene Gleichkanal-Schutzabstand von 27 dB für stabile Verhältnisse sowie ein Zuschlag von 3 dB für Mehrfachinterferenzen und je nach Zeitprozentatz 3 dB (80 %) bzw. 6 dB (90 %) Schwundzuschlag. Der entsprechende Nachbarkanal-Schutzabstand hängt von der Wahl des Kanalarasters und des Gleichkanal-Schutzabstands ab und kann einer Schutzabstandskurve entnommen werden, die der Konferenzbericht in Abschnitt 3.3.2 enthält. Damit ist es unmittelbar möglich, aus der S/I-Matrix die Gleich- und Nachbarkanaltauglichkeit einzelner Re-

quirements paarweise abzulesen. So entsteht für jedes Zielgebiet pro Band und Stunde die Inkompatibilitätsmatrix, deren Ziffernelemente Gleich- und Nachbarkanalinkompatibilitäten zum Ausdruck bringen, wodurch sie unmittelbar ein Bild für das Ausmaß an Unverträglichkeiten innerhalb des betrachteten Bandes liefern. Hierbei werden alle Requirements betrachtet, die für dieses Frequenzband in Frage kommen, auch solche, die das untersuchte Gebiet nicht zum Zielgebiet haben, aber als möglicher Interferenzstörer in Betracht gezogen werden müssen.

4. Die „Suspension Rules“

Es kann nun sein, daß alle für ein Frequenzband vorgesehenen Requirements in diesem Band untergebracht werden können. Bleibt jedoch in einem bestimmten Zielgebiet für das betrachtete Frequenzband und den betrachteten Zeitraum ein Überfüllungszustand bestehen, weil die Zahl der für eine Befriedigung aller Requirements notwendigen Kanäle die Zahl der zur Verfügung stehenden Kanäle überschreitet, so ist der IFRB bemüht, Maßnahmen zu ergreifen, solche Überfüllungssituationen zu beseitigen.

Ergebnis der untersuchten Matrizen sind mehrere Gruppen inkompatibler Requirements (GIR), von denen jeweils die größte Gruppe in einem Frequenzband ausgesucht wird (GIR_{max}). Das Band und die Stunde mit der größten Gruppe inkompatibler Requirements gilt als am stärksten überfüllt und führt die Liste der am meisten überfüllten Bänder/Stunden an, wenn eine Reihung nach Überfüllung vorgenommen wird. Das jeweilige Maß der Überfüllung liefert einen Anhaltspunkt für die Zahl der zurückzustellenden Requirements.

Zur Lösung von Überfüllungen sieht der IFRB eine Reihe von Regeln vor, die unter dem Begriff „Suspension Rules“ bekannt geworden sind und zu einer sukzessiven Neuberechnung und Umverteilung führen. Diese Regeln kommen schrittweise zum Einsatz und sind von unterschiedlichem Charakter. Zum einen Teil sind es Kürzungsregeln, die die Anzahl der Anforderungen der betroffenen Verwaltung und ihre Sendezeiten beschneiden und somit die Versorgung bestimmter Zielgebiete einschränken. Zum anderen Teil sind es Regeln, die durch ein Herabsetzen des Schutzes und damit durch eine Verminderung der Qualität zur Entspannung der Überfüllungssituation beitragen sollen.

Noch bevor die eigentlichen „Suspension Rules“ zum Zuge kommen, will man der Überfüllung in einzelnen Bändern und Stunden mit einer solchen Verminderung des technischen Standards begegnen, indem man den Schutzabstand von 27 dB, vermutlich in Schritten über 24 dB und 21 dB, bis möglicherweise 17 dB absenkt. Dies ist das untere von der Konferenz beschlossene Limit für den Gleichkanal-Schutzabstand, bedeutet aber unter Berücksichtigung der Zuschläge für Schwund und Mehrfachinterferenzen immer noch einen Gesamtschutz von 23 bzw. 26 dB. Bisher bleibt unklar, ob von dieser Maßnahme alle Sendungen in einem überfüllten Frequenzband gleichermaßen betroffen sein sollen, oder nur die-

jenigen, die einer maximalen Gruppe inkompatibler Requirements angehören.

Genügt diese Maßnahme nicht, so treten Kürzungsregeln in Kraft. Demnach können Requirements der an einer Überfüllung beteiligten Verwaltung zurückgestellt, oder, wie es heißt, „suspendiert“ werden. Das bedeutet, die einer maximalen Gruppe inkompatibler Requirements zugehörigen Anforderungen, die von einer solchen Regel betroffen sind, werden vom IFRB zurückgestellt und in einer Datei gesammelt, die den Namen der zur Anwendung gekommenen Regel trägt. Nach der eigentlichen Frequenzzuweisung nach Durchlaufen der „Suspension Rules“ sieht das Verfahren nämlich vor, in einem letzten Schritt den Versuch zu unternehmen, wenigstens einige der „suspendierten“ Requirements zusätzlich unterzubringen, ohne die bereits zugewiesenen zu beeinträchtigen. Dabei soll einer gewissen Gerechtigkeit halber in umgekehrter Reihenfolge wie bei der Suspendierung vorgegangen werden, weshalb es wichtig ist, zu wissen, nach welcher „Suspension Rule“ ein Requirement zurückgestellt wurde. Allerdings ist nicht hinreichend geklärt, wie es möglich ist, die zurückgestellten Requirements nachträglich unterzubringen, ohne den Schutz der bereits zugewiesenen zu gefährden.

Die folgenden Regeln N1 bis N6 treten der Reihe nach in Kraft und müssen wegen der zu erwartenden Überfüllung, besonders in den unteren Frequenzbereichen, als ein Hauptelement des Planungssystems gesehen werden. Sie können bei einer Verwaltung, die für ein Band, eine Stunde und ein Zielgebiet viele Requirements eingereicht hat, früher zur Anwendung kommen als bei einer anderen Verwaltung, die für diesen Bereich nur wenige Requirements eingereicht hat. Unter Umständen kann sogar die Anzahl der Requirements pro Verwaltung, Band, Stunde und Zielgebiet für alle gleichermaßen auf einen bestimmten Wert N nivelliert werden.

Regel N1 sieht vor, Requirements zu streichen, die das gleiche Zielgebiet wie ein anderes haben oder deren Zielgebiet ganz in dem eines anderen Requirements enthalten ist. Nach Regel N2 werden alle betroffenen Requirements nach CIRAF-Quadranten unterteilt und es werden die Requirements gestrichen, deren CIRAF-Quadranten ganz durch die mehrerer anderer Requirements abgedeckt sind. Regel N3 sieht schließlich vor, dieses Verfahren auszudehnen, indem man in die Betrachtung auch Requirements derselben Verwaltung in anderen Bändern mit einbezieht. Demnach soll ein an der Überfüllung beteiligtes Requirement gestrichen werden können, wenn zur selben Stunde sein Zielgebiet in dem Zielgebiet eines Requirements aus einem anderen Frequenzband enthalten ist. Kommen für die Anwendung der Kürzungsregeln N1 bis N3 mehrere Requirements einer Verwaltung gleichzeitig in Frage, so will der IFRB nach folgender Reihenfolge vorgehen: Zuerst wird das Requirement mit der höchsten Anzahl von Unverträglichkeiten zurückgestellt, dann das mit der kürzesten angeforderten Sendezeit und schließlich das mit dem niedrigsten BBR-Wert.

Regel N4 besagt, daß in einem nächsten Schritt bei Fortbestehen der Überfüllung diejenigen Requirements aus dem betrachteten überfüllten Band

gestrichen werden, für die die Feldstärkeprognosen den Betrieb von zusätzlichen Frequenzen in anderen Bändern ergeben haben.

Nach Regel N5 sollen schließlich Schwund- und Interferenzzuschläge in Schritten von 3 dB reduziert werden, wobei allerdings an dem Gleichkanal-Schutzabstand von 17 dB festgehalten werden soll. Vermutlich wird man diesen Schritt in Zukunft mit dem Herabsetzen des Schutzabstandes am Anfang des Verfahrens zur Lösung von Überfüllungen vertauschen. Wenn dies auch für die Befriedigung der Versorgungswünsche keinen großen Unterschied bedeutet, kann man so doch Irritationen vermeiden, wenn der erste Schritt zur Lösung von Überfüllungen die Reduzierung eines Zuschlages ist und nicht der Verzicht auf vollen Schutz.

Ist das Überfüllungsproblem immer noch nicht gelöst, so ist mit Regel N6 vorgesehen, die Sendezeiten der beteiligten Verwaltungen auf 30-Minuten-Zeitblöcke zu reduzieren, wobei jeweils ein 3-Stunden-Zeitblock um die betrachtete Stunde herum zur Beurteilung herangezogen wird. Von diesem Verfahren sind die Requirements zuerst betroffen, die innerhalb dieses Zeitblocks die längste Sendezeit angefordert haben.

Danach will man erforderlichenfalls in einem letzten Schritt versuchen, das von der Konferenz beschlossene untere Limit für den Gleichkanal-Schutzabstand von 17 dB zu unterschreiten.

Bis zu diesem Punkt in der Planung sind den einzelnen Requirements nur Frequenzbänder und nicht bestimmte Frequenzen zugewiesen worden. Das Planungssystem beginnt nach der Bereinigung der Überfüllungszustände mit Hilfe der „Suspension Rules“ mit dem eigentlichen Frequenzzuweisungsverfahren, für das der IFRB mehrere zum Teil konkurrierende Rechenprozesse vorgesehen hat, die von Fall zu Fall zum Einsatz kommen und getestet werden sollen. Wegen des Zufallscharakters der Frequenzzuweisung wird es nicht möglich sein, einen einmal gerechneten Plan durch eine Wiederholungsrechnung zu reproduzieren. Der IFRB deutete während eines Informationstreffens Anfang des Jahres in Genf die Möglichkeit an, alle verwendeten Rechnerprozeduren gegen Ende der intersessionellen Arbeit den Verwaltungen zur Verfügung zu stellen. Es wird aber wegen der genannten Gründe nicht möglich sein, damit einen Plan nachzuvollziehen.

Nach dem Prozeß der Frequenzzuweisungen soll für jedes Requirement der Wert der sogenannten „Overall Broadcasting Reliability“ (OBR) ermittelt werden, der ein Maß für die Empfangsqualität darstellt. Er berücksichtigt sowohl Geräusch- wie auch Interferenzeinflüsse im Versorgungsgebiet und wird im Mittel über alle Requirements als ein Maß für die Güte eines Planes angesehen. Man darf dabei allerdings nicht übersehen, daß der OBR-Wert um so günstiger zu liegen kommt, je niedriger der Mindestschutzabstand gewählt wird. Dies gilt im übrigen auch für die „Basic Broadcasting Reliability“ im Verhältnis zur Mindestfeldstärke. Insofern liefert die „Overall Broadcasting Reliability“ nicht wirklich ein Maß für die Qualität, sondern eher für den Umfang eines Plans.

Nach der Ermittlung der OBR soll in einem allerletzten Schritt der Versuch unternommen werden, die „suspendierten“ Requirements doch noch unterzubringen, wobei der IFRB, wie oben erwähnt, von der Vorstellung ausgeht, man könne dies, ohne die bereits zugewiesenen Requirements zu beeinträchtigen. Das Planungssystem des IFRB sieht aber offenbar im Gegensatz zum Konferenzbericht vor, daß unbefriedigte Anforderungen übrigbleiben, die gar nicht untergebracht werden können. Der Begriff hierfür, „Unsatisfied Requirements“, erscheint in Kapitel 5, Abschnitt 9 des „HFBC Planning System“ des IFRB. Dort werden gewisse Interpretationen zu unklaren Aussagen des Konferenzberichts gegeben.

In einer allerletzten Phase des Planungssystems, die gelegentlich als Phase IV bezeichnet wird, obwohl sie nicht mehr dem Planungsalgorithmus selbst zuzurechnen, sondern Aufgabe der zweiten Sitzungsperiode der Konferenz ist, sollen die Ergebnisse verschiedener Pläne miteinander verglichen und geeignete Werte für die Referenzparameter (wie z. B. die Reliability-Prozentsätze) festgelegt werden.

Weitere Einzelheiten, besonders über die vom ersten Teil der Konferenz beschlossenen technischen Merkmale, sind in einer kurz danach erschienenen Veröffentlichung übersichtlich zusammengefaßt [6].

Für alle eingereichten Requirements will der IFRB jeweils zum Schluß eines Planes ein Formblatt an die betroffene Verwaltung herausgeben, aus dem hervorgeht, wie ein Requirement im Laufe der Berechnungen behandelt wurde, gegebenenfalls auch, aus welchem Grund das Requirement zurückgestellt oder überhaupt gestrichen wurde. Wünschenswert wäre, hier einen detaillierten Unterschied zu machen zwischen Requirements, die nicht berücksichtigt werden konnten wegen Überfüllung in ihrem Zielgebiet, und solchen, die unterwegs als Interferenzstörer aufgetreten sind.

5. Abweichungen vom Konferenzbericht

Das HFBC-Team beim IFRB mußte in einzelnen Punkten von den Aussagen des Konferenzberichts abweichen oder diese modifizieren. Dies geschah aus ganz verschiedenen Gründen. Der IFRB legt Wert darauf, deutlich zu machen, daß diese Änderungen, hauptsächlich notwendig gewordene Interpretationen des HFBC-Teams, zwar vom Board gebilligt wurden, aber dem zweiten Teil der Konferenz zur Beschlußfassung vorgelegt werden müssen. Dazu gehören folgende Punkte, die möglicherweise nicht vollständig sind:

Bei dem bisherigen Verfahren nach Artikel 17 der Vollzugsordnung für den Funkdienst war es möglich, eine Sendung für geographisch nicht zusammenhängende Zielgebiete anzumelden. Jetzt dürfen wegen der Vereinfachungen des mathematisierten Verfahrens Zielgebietsangaben eines Requirements nur zusammenhängende CIRAF-Zonen oder CIRAF-Quadranten enthalten. Will man mit einer Frequenz nicht zusammenhängende Zielgebiete versorgen, so hat man dafür mehrere Requirements einzureichen.

Falls für ein bestimmtes Frequenzband, eine bestimmte zeitliche Periode und eine bestimmte CIRAF-Zone nicht alle Requirements befriedigt werden kön-

nen, so sind laut Konferenzbericht diejenigen Verwaltungen ausfindig zu machen, deren Requirements betroffen sind. Der IFRB hat damit jedoch Schwierigkeiten, weil die beteiligten Requirements im allgemeinen völlig unterschiedlich strukturierte Zielgebiete aufweisen, die sich in vielfältiger Weise überlappen. Der IFRB hat sich deshalb entschieden, diejenigen CIRAF-Zonen bzw. CIRAF-Quadranten als ausschlaggebend zu betrachten, in denen die Zahl der zur Befriedigung der Requirements erforderlichen Kanäle die Zahl der zur Verfügung stehenden Kanäle übersteigt. Dieses als „Versorgungseinheit“ bezeichnete Gebiet kann für mehrere Gruppierungen inkompatibler Requirements verschieden groß sein.

Rücksprachen mit mehreren Verwaltungen haben den IFRB veranlaßt, innerhalb der Planungsphase III den Versuch vorzusehen, wenigstens ein Requirement pro Verwaltung bei reduzierten Schutzkriterien zu befriedigen, bevor mit einer Reduzierung der Sendezeiten begonnen wird. Der Konferenzbericht enthält diesen Schritt nicht. Trotzdem will der IFRB diesen Schritt in das Verfahren aufnehmen und während der zweiten Sitzungsperiode erneut zur Diskussion stellen.

Was die Reduzierung der Sendezeiten anbetrifft, so will der IFRB diese auf Zeitblöcke von minimal 30 Minuten beschränken, womit freilich den Rundfunkanstalten entgegengekommen wird. Vom Konferenzbericht wird kein ausdrücklich unteres Limit für Sendezeiten genannt. Anstatt die Sendezeiten im Falle einer Überfüllungssituation weiter zu verringern, sieht der IFRB den zusätzlichen Schritt vor, unter den von der Konferenz beschlossenen Mindestschutzabstand von 17 dB zu gehen.

Der IFRB sieht keine Möglichkeit, falls die jahreszeitlichen Pläne halbjährlich erstellt werden sollen, mit den Verwaltungen Rücksprache zu halten, wie dies im Konferenzbericht für den Fall von Unverträglichkeiten und Zurückstellungen empfohlen wird. Falls die Verwaltungen darauf bestehen, müßten die Bedingungen und der zeitliche Ablauf für solche Konsultationen vom zweiten Konferenzteil festgelegt werden.

Außer dem 9-MHz-Bereich sollen alle Extended-Band-Bereiche während der Planungsübungen berücksichtigt werden, da abzusehen ist, daß die Konferenzschlußakte ohnehin unmittelbar vor dem Freiwerden dieser Bereiche für den Kurzwellenrundfunk in Kraft treten wird.

Einen weiteren nicht hinreichend geklärten Punkt des Planungsverfahrens stellt der Begriff der Frequenzkontinuität dar. Der Begriff wird zwar im Konferenzbericht an verschiedenen Stellen verwendet, ohne daß aber klar gesagt wird, in welchem Sinne. Bei der Möglichkeit von entsprechenden Angaben auf dem Anforderungsformblatt war offenbar an Frequenzkontinuität im tageszeitlichen Sinne gedacht. Kontinuitätsangaben über eine jahreszeitliche Periode hinaus führte jedenfalls bei einer ganzen Reihe von Anforderungen zu „Fehlermeldungen“, da das System bisher saisonübergreifende Frequenzkontinuität nicht berücksichtigen kann. In Wirklichkeit müßte zu unterscheiden sein zwischen Kontinuität innerhalb einer Sendung, Kontinuität von Sendung zu Sendung und Kontinuität von Saison zu Saison. Die be-

troffenen Rundfunkanstalten haben das Thema Kontinuität hauptsächlich unter betrieblichen Gesichtspunkten in der UER erörtert und wollen dazu möglicherweise in einem Konferenzdokument Stellung beziehen.

Eine weitere offene Frage ist die der Requirements mit sogenannten „Preset-Frequenzen“. Unter diesem Begriff versteht man Festfrequenzen, die man bei der Einreichung eines Requirements angeben kann, wenn technische Beschränkungen Aussendungen auf anderen Frequenzen nicht zulassen. „Preset-Frequenzen“ unterliegen zumindest im Teststadium des IFRB einer besonderen Behandlung. Requirements dieser Art werden auf ihrer angeforderten Festfrequenz in den Plan eingefügt, ohne daß sie gegen Interferenzen geschützt sind. Sie selbst werden allerdings als Interferenzstörer bei der Zuweisung anderer Requirements berücksichtigt. Diese Maßnahme des IFRB ist wegen der Vielzahl der eingereichten Requirements mit „Preset-Frequenzen“ notwendig geworden und läßt sich nicht umgehen, wenn von mehreren Verwaltungen dieselbe Frequenz für dieselbe Sendezeit als „Preset-Frequenz“ eingereicht wird. Es wurde, wie zu erfahren ist, sehr häufig von der Möglichkeit der Angabe einer „Preset-Frequenz“ Gebrauch gemacht, auch wenn dies offenbar technisch nicht zwingend war. Die Zahl solcher Festfrequenzen ist laut IFRB teilweise so hoch, daß für einzelne Bänder und Tageszeiten der Sinn einer Planung tatsächlich in Frage gestellt scheint.

6. Schlußbemerkungen

Es wurden bisher schätzungsweise 19 000 Requirements eingereicht, von denen den Angaben des IFRB zufolge ursprünglich über 50 % fehlerhaft waren. Eintragungen über nichtzusammenhängende CIRAF-Zonen, Nutzung des 7-MHz-Bandes in Region 2, die Anzahl der simultan nutzbaren Frequenzen und fehlerhafte Querverweise waren die Hauptgründe für erforderliche Korrekturen, die viel Zeit in Anspruch nahmen. Der IFRB geht trotzdem davon aus, im Sommer den ersten errechneten Testplan vorlegen zu können.

Die eingereichten Anforderungen verteilen sich auf insgesamt zwölf jahreszeitliche Perioden innerhalb eines Zeitraums von drei Jahren und können sich auf jeweils verschiedene Tageszeiten verteilen, weshalb die Zahl der Requirements selbst nicht als ein Maßstab für den Programmumfang gesehen werden kann. Allerdings stellen die täglichen Frequenzstunden, die der IFRB statistisch erfaßt hat, einen Maßstab für die Belastung des Spektrums dar.

Statistische Zahlen über die weltweit eingereichten Requirements zeigen, daß die Kurzwellenrundfunk-Konferenz unter den beteiligten Nationen offenbar zusätzliche Bedürfnisse geweckt hat. So wächst in dem Betrachtungszeitraum die Zahl der täglichen Frequenzstunden von etwa 30 000 (D-85) auf ungefähr 41 000 (M-88). Die Zahl der Sendeanlagen in der Welt steigt von ca. 300 heute auf ungefähr 450 im Jahr 1988. Noch stärker nimmt die Zahl der 500-kW-Sender zu: In manchen Frequenzbändern wächst die Anzahl der 500-kW-Requirements zwischen 1985 und 1988 von 600 auf über 3000. Wenn

man bedenkt, wie viele der Requirements unter den eingereichten mit „Preset“- bzw. „Preferred“-Frequenzen versehen sind (manchmal in einem Band mehr als zur Verfügung stehende Kanäle), so erscheint doch der Planungsaufwand in einem sehr ungünstigen Verhältnis zu dem zu erwartenden Ergebnis.

Beim IFRB wurden seit dem ersten Teil der Kurzwellenkonferenz umfangreiche Computerprogramme bereitgestellt, mit denen die Pläne nach dem beschriebenen Verfahren realisiert werden sollen. Aus den insgesamt zwölf jahreszeitlichen Perioden (September 1985 bis August 1988) hat man vier ausgewählt, für die bis zum zweiten Teil der Konferenz Testpläne erstellt werden sollen, die während der siebenwöchigen Sitzungsperiode zur Diskussion stehen sollen. Die Pläne für die Perioden D-85 und J-86 sollen für eine Sonnenfleckenzahl von 5, die für die Perioden M-88 und J-88 für die Sonnenfleckenzahl 60 errechnet werden. Wenn es die Zeit erlaubt, soll bis zur Konferenz auch noch testweise ein Plan für die Periode D-85 mit der Sonnenfleckenzahl 120 erstellt werden, wobei zu bedenken ist, daß die für D-85 eingereichten Anforderungen von den Verwaltungen realistischerweise unter der Prämisse einer sehr kleinen Sonnenfleckenzahl gestaltet wurden.

Während der Testrechnungen will man zahlreiche Planungsparameter variieren, um deren Einfluß auf das Planungsergebnis genauer beurteilen zu können. Insbesondere sollen die Mindestfeldstärke, der Schutzabstand gegen Interferenzstörer und die Prozentsätze für die Versorgungszuverlässigkeiten variiert werden. Diejenige Parameterkombination will man schließlich favorisieren, die die höchste Zahl von befriedigten Requirements liefert. Da aber die Frequenzzuweisung am Schluß des Verfahrens Zufallscharakter hat, und wegen des großen Zeitaufwandes auch nicht alle denkbaren Lösungswege gegangen werden können, erwartet der IFRB höchstens einen „guten Plan“, nicht eine „optimale Lösung“. Für die

Erstellung der vielfältigen Dateien sind jeweils enorme Rechenzeiten zu veranschlagen. Allein die Vorausberechnung der Ausbreitungsdaten erfordert für eine jahreszeitliche Periode vier CPU-Tage auf dem Rechner, der dem IFRB derzeit zur Verfügung steht.

SCHRIFTTUM

- [1] UIT/ITU: Vollzugsordnung für den Funkdienst. Dt. Übers. hrsg. v. Bundesmin. f. d. Post- u. Fernmeldewesen, Bonn 1982.
- [2] UIT/ITU: World Administrative Radio Conference for the planning of the HF bands allocated to the broadcasting service. First Session, Geneva, 1984. Report to the Second Session of the Conference. Hrsg. v. d. UIT, Genf 1984.
- [3] Gröschel, G.: Technical parameters of a future single-sideband transmission system for HF broadcasting. EBU Rev. Tech. No. 201 (1983), S. 234 bis 248.
- [4] IFRB: HFBC planning system. Edition Nov. 1985. Hrsg. v. d. UIT, Genf 1985.
- [5] Hortenbach, K.-J.: Berechnungsgrundlagen für die Kurzwellenausbreitung — Das Computerprogramm der Welt-rundfunkkonferenz. Nachrichtentech. Fachber. Bd. 91 (1986), Hörrundfunk 7. VDE-Verlag, Berlin, S. 43 bis 51.
- [6] Edwards, J. K.: Results of the first session of the HF Conference in 1984. EBU Rev. Tech. No. 204 (1984), S. 59 bis 65.

Der Autor



Dr. Karl Fuchs (37) studierte Physik an der Technischen Hochschule in Darmstadt. Seit 1981 ist er Wissenschaftlicher Mitarbeiter beim Fernmeldetechnischen Zentralamt, Darmstadt. Dort gehört er dem Referat für Rundfunksendernetzplanung an und leitet einen gemischten Arbeitskreis aus Vertretern der ARD und der Deutschen Bundespost zur nationalen Vorbereitung der Kurzwellenkonferenz.

FELDSTÄRKEVORHERSAGE IM VHF-BEREICH MIT HILFE TOPOGRAPHISCHER DATEN

VON RAINER GROSSKOPF

Manuskript eingegangen am 25. Juni 1986

Wellenausbreitung

Zusammenfassung

Am IRT wurden zahlreiche Verfahren zur Feldstärkevorhersage analysiert und ihre Ergebnisse mit Messungen verglichen. Die in mehreren Arbeiten [1, 2, 3, 4, 5, 6] dargestellten Untersuchungen ergaben weitgehend nur unbefriedigende Vorhersagen der einzelnen Verfahren. Aufbauend auf diesen Ergebnissen wurde am IRT ein Vorhersageverfahren entwickelt, in das sowohl physikalische Ansätze der bekannten Verfahren als auch aus den Messungen gewonnene empirische Korrekturen eingeflossen sind. Dieses Verfahren wird beschrieben, und im Vergleich mit anderen Verfahren werden Vor- und Nachteile sowie die Ergebnisse diskutiert.

Summary VHF field-strength predictions using topographical data

Several field-strength prediction methods have been analysed at the IRT and their results compared with following measurements. The studies, described in several documents [1, 2, 3, 4, 5, 6] have generally given unsatisfactory predictions with each method. On the basis of these results, a prediction method has been developed at the IRT which takes account of the physical parameters of the known methods and empirical corrections derived from measurements. The method is described and its advantages and shortcomings are evaluated, in comparison with the other methods. The results are also examined.

Sommaire Préviation de champ en O.m au moyen de données topographiques

Plusieurs méthodes de prévision du champ ont été analysées à l'IRT et leurs résultats comparés à l'aide de mesures. Les recherches, exposées dans plusieurs documents [1, 2, 3, 4, 5, 6], n'ont généralement abouti pour chaque méthode qu'à des prévisions insatisfaisantes. Sur la base de ces résultats, on a mis au point à l'IRT une méthode de prévision qui reprend à la fois les caractéristiques physiques des méthodes connues et les corrections empiriques découlant des mesures. On décrit la méthode et on évalue les avantages et ses lacunes par rapport aux autres; on examine aussi les résultats.

1. Einleitung

Im Laufe der letzten Jahre wurden in der Literatur zahlreiche Verfahren zur Feldstärkevorhersage in realem Gelände vorgestellt. In umfangreichen Untersuchungen wurden diese Verfahren am IRT analysiert [1, 2, 3, 4, 5, 6] und ihre Ergebnisse mit Messungen in unterschiedlichem Gelände und bei verschiedenen Empfangsantennenhöhen verglichen. Alle diese Verfahren benutzen für die Vorhersagen die Geländeinformationen aus einer Topographischen Datenbank und teilweise auch Informationen über die Morphographie, d.h. über Bewuchs und Bebauung am Empfangsort oder entlang des Geländeschnittes zwischen Sender und Empfänger. Der numerische Aufwand zur Berechnung der Feldstärkevorhersagen ist bei diesen Verfahren daher erheblich größer als bei den international bisher üblichen Berechnungen nach der CCIR-Empfehlung 370 [7]. Dieser größere numerische Aufwand schlägt sich aber bei unseren Untersuchungen vielfach nicht in der Genauigkeit der Feldstärkevorhersagen nieder, so daß am IRT ein eigenes Prognoseverfahren entwickelt wurde, das im VHF-Bereich verlässliche Vorhersagen der Empfangsfeldstärke, auch in schwierigem Gelände, ermöglichen soll.

2. Problematik der Feldstärkevorhersage im realen Gelände

Die Berechnung der Feldstärke im realen Gelände ist im allgemeinen ein dreidimensionales Problem. In [8] wurde diese Problematik sehr schön in kurzer Form dargestellt, wobei auch der physikalisch-theoretische Hintergrund behandelt wurde. An dieser Stelle soll aber eine eher phänomenolo-

gische Betrachtung zur Veranschaulichung des Problems erfolgen.

Die Feldstärke am Empfangsort resultiert aus der Überlagerung von direkten, reflektierten, gestreuten und gebeugten Wellen, die aus verschiedensten Richtungen beim Empfänger eintreffen können. Zur Begrenzung des Rechenaufwandes ist es jedoch notwendig, einige Einschränkungen und Näherungen einzuführen:

Bei der Berechnung der Beugungsdämpfung wird nur der Geländeschnitt berücksichtigt, der in der Vertikalebene durch die Verbindungslinie Sender – Empfänger liegt (**Bild 1**). Am Beispiel des fiktiven Geländes in **Bild 1** kann man erkennen, daß diese Einschränkung in extremem Gelände zu erheblichen Fehlern führen kann. Die durch Reflexion zum Empfänger gelangende Welle, die bei der Feldstärkevorhersage nicht berücksichtigt wird, kann einen erheblich höheren Feldstärkepegel ergeben als die am Hindernis gebeugte Welle.

Bei der Reduzierung des dreidimensionalen Geländes auf einen zweidimensionalen Geländeschnitt geht auch die Information über die Orientierung der beugenden Hindernisse verloren, deren Berücksichtigung aber ebenfalls zu einem erheblichen numerischen Aufwand führen würde.

Der Beitrag von Reflexionen und Streuungen zur Empfangsfeldstärke läßt sich nur mit statistischen und empirischen Korrekturen erfassen, da die Geländedaten einer Datenbank nicht genügend Detailinformation über die Erdoberfläche und die Morphographie enthalten.

Die im Geländeschnitt enthaltene Information muß für die Berechnung der Beugungsdämpfung aber noch weiter reduziert werden, um die beugenden

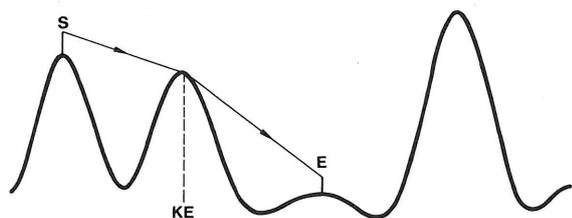
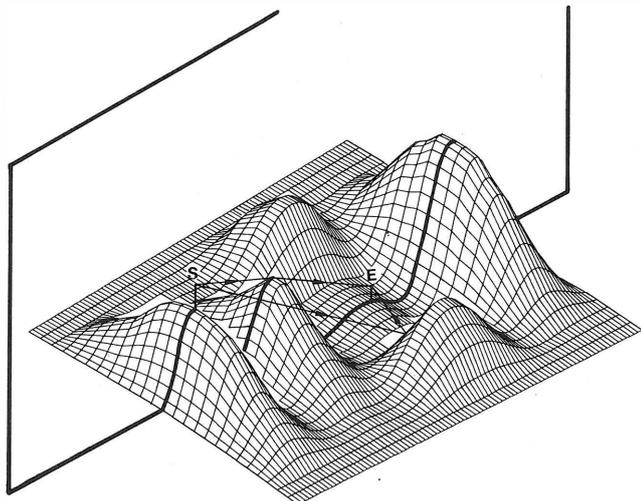


Bild 1

Reduzierung des dreidimensionalen Geländes auf einen zweidimensionalen Geländeschnitt für die Feldstärkevorhersage

- S = Sender
- E = Empfänger
- KE = beugendes Hindernis (knife-edge)

Hindernisse durch Körper anzunähern, für die analytische Lösungen des Beugungsproblems möglich bzw. bekannt sind. Solche Körper sind die Halbebene (knife-edge), die keilförmige Kante (wedge), der Zylinder und die Kugel. Für einzelne Hindernisse sind in diesen Fällen die exakten Lösungen des Beugungsproblems bekannt, aber bei mehrfacher Beugung sind wiederum nur wenige exakte Lösungen für Hindernisse in Form von mehreren Halbebenen bekannt [9, 10]. Auf diesen Punkt werde ich noch später, bei der Beschreibung unseres Vorhersagemodells, eingehen.

Aufgrund der hier genannten notwendigen Vereinfachungen ist auch bei Feldstärkeberechnungen mit Hilfe topographischer Daten die Genauigkeit der Vorhersagen begrenzt. Einerseits fehlen genauere Daten, andererseits kann die Fülle der Informationen aus der Datenbank nicht verarbeitet werden. Auf lange Sicht wird man darum, zusätzlich zu den Dämpfungsberechnungen, ohne statistische und empirische Korrekturen nicht auskommen. Dieses Erkenntnis ist auch in unser Vorhersageverfahren eingeflossen, das im folgenden beschrieben wird.

3. Feldstärkemessungen

Grundlage für die Optimierung und Überprüfung der Zuverlässigkeit von Prognoseverfahren sind umfangreiche Ausbreitungsmessungen. Diese Messungen

wurden vom IRT im Versorgungsgebiet des SWF bei den UKW-Sendern Waldburg (94,9 MHz) und Feldberg/Schwarzwald (93,8 MHz) durchgeführt. Ausgewählt wurden 3 Sektoren mit unterschiedlicher Topographie, damit unterschiedliche Ausbreitungsbedingungen gegeben sind. In den **Bildern 2, 3 und 4** sind Geländeschnitte abgebildet, die das Gelände in den ausgewählten Sektoren charakterisieren.

Der größte Teil der Messungen wurde mit einer Empfangsantennenhöhe von 4 m über Grund vorgenommen, aber im Gebiet des Feldbergs/Schwarzwald auch bei 10 m, soweit es die örtlichen Gegebenheiten zuließen. Parallel zu den Messungen mit 10 m Empfangsantennenhöhe wurden nochmal umfangreiche Kontrollmessungen mit 4 m durchgeführt, um jahreszeitliche Veränderungen berücksichtigen zu können. Da die ersten Messungen im Herbst und die Kontrollmessungen im Frühjahr stattfanden, waren unterschiedliche, aber noch relativ ähnliche Bedingungen hinsichtlich Klima und Vegetation gegeben. Der Vergleich der beiden Messungen zeigte sehr gute Übereinstimmung, mit ähnlicher Genauigkeit, wie sie auch von anderen Autoren [11] gefunden wurde.

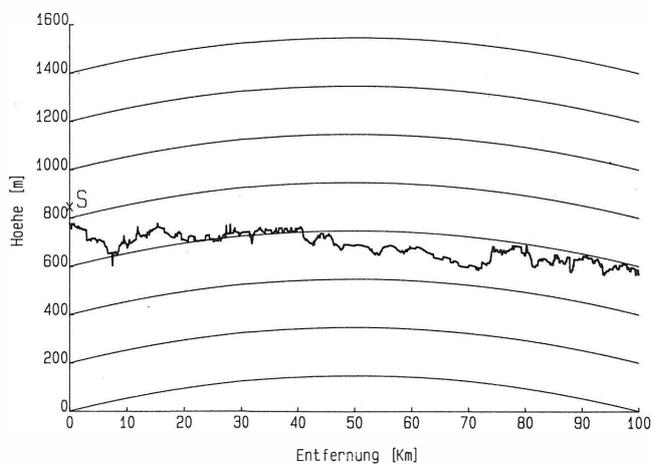


Bild 2

Geländeschnitt für 16° rwN zur Charakterisierung des Geländes beim Sender Waldburg

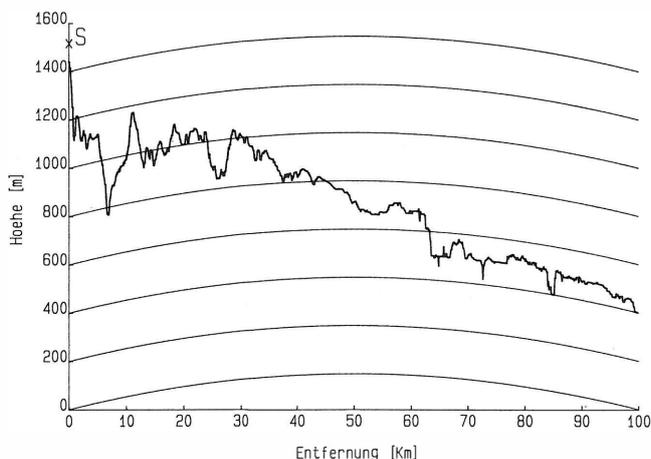


Bild 3

Geländeschnitt für 40° rwN zur Charakterisierung des Geländes beim Sender Feldberg/Schwarzwald im Sektor 35° bis 45° rwN

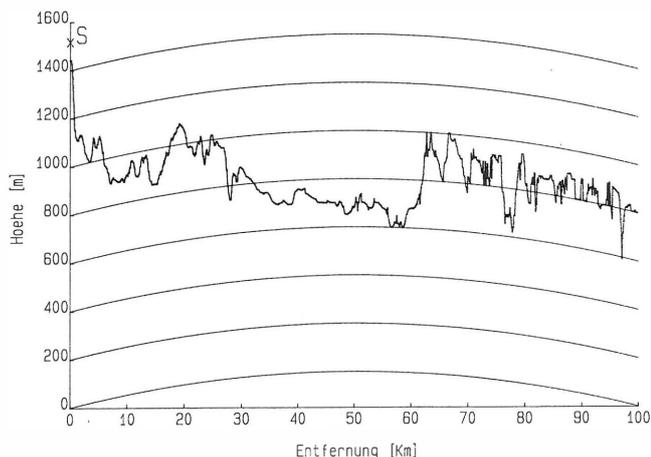


Bild 4

Geländeschnitt für 60° rWN zur Charakterisierung des Geländes beim Sender Feldberg/Schwarzwald im Sektor 55° bis 65° rWN

Die Differenz der beiden Messungen ergab eine Gaußverteilung (**Bild 5**) mit einem Medianwert von 0,6 dB und einer Standardabweichung von 2,1 dB. Aufgrund dieser guten Reproduzierbarkeit der Messungen gehen wir davon aus, daß keine anomalen Wetterbedingungen (z. B. Inversionslagen) vorherrscht haben und unsere Meßwerte als repräsentativ für die zeitlichen Medianwerte angesehen werden können.

Die Empfangsantenne war ein horizontaler Kreuzdipol mit einer guten azimuthalen Rundempfangscharakteristik (Unrundheit ca. ± 1 dB). Im Hinblick auf die Beschränkung der Vorhersageverfahren auf zweidimensionale Ausbreitungswege wäre die Verwendung einer Richtantenne besser gewesen. Eine manuelle Ausrichtung und Nachführung der Richtantenne auf den Sender wäre während der Messungen aber kaum möglich, besonders, wenn keine Sicht zum Sender vorhanden ist.

Während der Fahrt entlang der Meßstrecke wurde pro Meter 1 Meßwert aufgenommen und nach 100 m der Medianwert für das vorangegangene Streckenintervall gebildet. Der Mittelpunkt dieses 100-m-Intervalls repräsentiert den Empfangsort, der zum Vergleich mit dem Vorhersageverfahren herange-

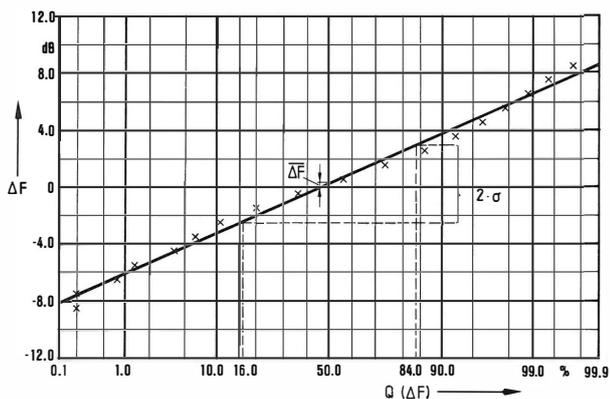


Bild 5

Summenhäufigkeitsverteilung Q der Differenz ΔF_m der zwei Feldstärkemessungen beim Sender Feldberg/Schwarzwald

zogen wird. Die Intervalllänge von 100 m wurde gewählt, weil sie in etwa der Auflösung der Geländedatenbank entspricht. Andererseits kann man annehmen, daß sich das für die Beugungsdämpfung verantwortliche Geländeprofil entlang dieser Strecke nicht wesentlich verändert. Für den Vergleich der Messungen mit den Vorhersagen wurden teilweise auch Medianwerte herangezogen, die über andere Streckenlängen oder Flächen gebildet wurden. Darauf soll hier nicht näher eingegangen werden, da es in [1, 3] ausführlich beschrieben wurde.

4. Topographische Daten

Voraussetzung für die Berechnung der Beugungsdämpfung ist die Kenntnis des Geländeprofiles zwischen Sender und Empfangsort. In Einzelfällen kann man mit erheblichem Arbeitsaufwand die Geländehöhen und die Morphographie aus Meßtischblättern entnehmen. Für flächendeckende Berechnungen in einem Versorgungsgebiet, bzw. in Sektoren davon, benötigt man aber eine Topographische Datenbank.

Für unsere Untersuchungen wurden uns die Geländedaten von der IABG (Industrieanlagen-Betriebsgesellschaft) und dem SWF zur Verfügung gestellt. Beide Datenbanken sind im wesentlichen identisch aufgebaut und enthalten Flächenelemente der Größe 5" x 5" (Bogensekunden der geographischen Koordinaten), was etwa 95 m x 150 m entspricht. Pro Flächenelement ist der Höhenwert über NN gespeichert und im Falle der IABG auch ein charakteristischer Bewuchs- und Bebauungstyp (10 Morphographie-Klassen). Im Gebiet des Senders Waldburg standen uns nur Geländedaten zur Verfügung, aber beim Sender Feldberg/Schwarzwald auch die Morphographiedaten.

Die Datenbank des SWF umfaßt im wesentlichen nur das eigene Versorgungsgebiet mit angrenzenden Bereichen, während die IABG-Datenbank das Gebiet der gesamten Bundesrepublik enthält. In welcher Form dem Rundfunk einmal eine, die Bundesrepublik und angrenzende Gebiete umfassende Datenbank zur Verfügung stehen wird, ist zur Zeit noch nicht geklärt. Der Aufbau und die Struktur der Datenbank hat aber teilweise auch Einfluß auf das Feldstärkeprognose-Verfahren, das mit diesen Daten arbeiten wird. Sind z. B. keine morphographischen Daten enthalten, wie beim SWF, erscheint es wenig sinnvoll, Dämpfungsmechanismen für unterschiedliche Morphographie-Typen in die Vorhersage einzubauen, wie es bei einigen Verfahren [12, 13, 14] getan wurde.

5. Das Feldstärkeprognoseverfahren

Die in früheren Arbeiten [1, 2, 3, 4, 5, 6] am IRT untersuchten Verfahren zur Feldstärkeprognose beinhalten nahezu alle aus der Literatur bekannten Ansätze zur Berechnung der Beugungsdämpfung in realem Gelände. Das Gelände wird durch zylindrische Flächen, keilförmige Kanten oder mehrere Halbebenen angenähert und die Dämpfung dieser einzelnen Hindernisse oder empirisch gewichtete Summenbeiträge ermittelt. Ein Ergebnis der Analyse war, daß Verfahren mit mehrfacher Kantenbeugung die besten Vorhersagen ergeben. Da diese Verfahren

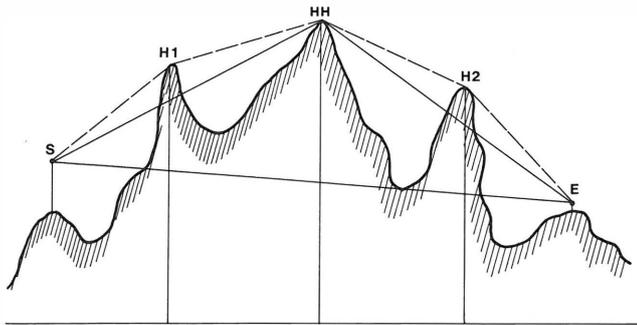


Bild 6

Schematische Darstellung zur Ermittlung der beugenden Hindernisse zwischen Sender S und Empfänger E nach dem Modell von Deygout [15]

HH = Haupthindernis

auch mathematisch am wenigsten aufwendig sind, benutzen auch wir dieses Modell bei unserer Feldstärkevorhersage.

5.1. Berechnung der Beugungsdämpfung

Für die mehrfache Kantenbeugung sind exakte Lösungen bekannt [9, 10], die aber eines erheblichen numerischen Aufwandes bedürfen. Vergleichende Vorhersagen mit diesen exakten Verfahren zeigten aber, daß durch die notwendige Näherung im realen Gelände die Ergebnisse nicht besser waren als mit anderen Verfahren.

Wir entschieden uns daher für das in der Literatur weitverbreitete Modell der mehrfachen Kantenbeugung nach Deygout [15] mit einer leichten Modifikation nach Meeks [16]. Für die Berechnung der Beugungsdämpfung an einer einzelnen Kante wird auf die einschlägige Literatur [9, 12, 13, 15, 16] hingewiesen. Wird die Sichtlinie vom Sender zum Empfänger durch mehrere Hindernisse gestört, wird bei Deygout zuerst das Haupthindernis gesucht, welches die Sichtlinie am meisten überragt (Bild 6). Anschließend werden wiederum diejenigen Hindernisse bestimmt, die die neue Sichtlinie Sender – Haupthindernis – Empfänger am meisten überragen, also die größten Dämpfungsbeiträge liefern. Als Gesamtdämpfung ergibt sich die Summe der einzelnen Dämpfungsbeiträge der 3 Hindernisse. Die Modifikation von Meeks besteht darin, daß er den Ansatz von Deygout auch auf Fälle mit freier optischer Sicht vom Sender zum Empfänger ausdehnt. In diesem Fall werden die Dämpfungsbeiträge der 3 Hindernisse bestimmt, die am weitesten in die 1. Fresnelzone hineinragen. Durch diesen Ansatz erhält man einen stetigen Übergang der Beugungsdämpfung, wenn man sich aus dem abgeschatteten Gebiet herausbewegt.

Dieses Verfahren ergab bei unseren Untersuchungen [1, 2, 3, 4, 5, 6] mit die besten Vorhersagen mit relativ geringer Streuung der Vorhersagefehler. Im Mittel ergeben die Vorhersagen aber um ca. 10 dB zu hohe Feldstärken, was wir darauf zurückführen, daß Dämpfungen durch Streuung, Reflexionen und Morphographie noch nicht berücksichtigt wurden.

5.2. Dämpfung durch die Morphographie

Der Beitrag der gestreuten und reflektierten Wellen zur Empfangsfeldstärke läßt sich nur mit stati-

stischen und empirischen Korrekturen erfassen (siehe 2.). Einige Verfahren [12, 13, 14] versuchen, die Dämpfung durch die Morphographie für unterschiedliche Bewuchs- und Bebauungsklassen zu trennen. Unsere Untersuchungen beim Feldberg/Schwarzwald, wo uns Morphographiedaten zur Verfügung standen, zeigten aber keine signifikanten Unterschiede für verschiedene Morphographie-Typen am Empfangsort. Einzig im Stadtgebiet ergab sich ein deutlich anderer Dämpfungsverlauf, aber hier lagen uns andererseits nur relativ wenig Meßwerte vor. Etwa 55 % der Empfangsorte lagen in waldigem Gebiet und 39 % der Orte waren von Feldern umgeben. Die restlichen 6 % der Empfangsorte lagen vorwiegend in Dörfern und Kleinstädten. Messungen mit 10 m Empfangsantennenhöhe liegen uns für Kleinstadt und Stadt praktisch überhaupt nicht vor.

Aus den obengenannten Gründen und weil auch noch unklar ist, ob uns in naher Zukunft Morphographiedaten in einer Geländedatenbank zur Verfügung stehen werden, verwenden wir in unserem Vorhersageverfahren einen empirisch ermittelten Korrekturfaktor. Diese Korrektur soll in Abhängigkeit von der Empfangsantennenhöhe und der Entfernung den Beitrag zur Feldstärke berücksichtigen, der durch Streuung an der Erdoberfläche, Reflexionen von der Empfangsantenne und Dämpfung durch Bewuchs und Bebauung zustande kommt. Diese Korrektur beinhaltet also die Beiträge aller am Empfänger eintreffenden Wellen mit Ausnahme der direkten und der gebeugten Wellen. Mit dieser Annahme ergeben sich die Korrekturen als die Differenz zwischen den gemessenen und den durch Beugungsdämpfung berechneten Feldstärken:

$$\Delta F = F_{\text{mess}} - F_{\text{beug}}$$

In Bild 7 und Bild 8 ist ΔF (d) für die Messungen mit 4 m und 10 m Empfangsantennenhöhe dargestellt. Die Korrekturfaktoren k (HE,d) ergeben sich zu

$$k(4, d) = 1,2 - 0,20 \cdot d \text{ (dB)}$$

$$k(10, d) = -0,5 - 0,10 \cdot d \text{ (dB)}$$

HE = Höhe der Empfangsantenne über Grund (m)

d = Entfernung Sender – Empfänger (km).

Mit größerer Entfernung werden im allgemeinen die Einfallswinkel der empfangenen Welle flacher und damit die Dämpfung durch Bewuchs und Bebauung größer. Der Einfluß von destruktiven Interferenzen (Auslöschung) durch Reflexionen vor dem Empfänger nimmt für niedrigere Empfangsantennenhöhen und größere Entfernungen zum Sender bzw. zur letzten beugenden Kante ebenfalls zu. Aus diesen Gründen erscheinen die Korrekturen plausibel.

Der SWF [8] ermittelte unter etwas anderen Bedingungen bei ständiger Sichtverbindung zum Sender eine ähnliche Korrektur:

$$k(5, d) = -2,5 - 0,25 \cdot d \text{ (dB)}$$

Aus den obengenannten Gründen erscheint die größere Dämpfungskorrektur des SWF gegenüber unseren Werten verständlich, da die Dämpfung stark von der Entfernung der letzten Huygensschen Quelle

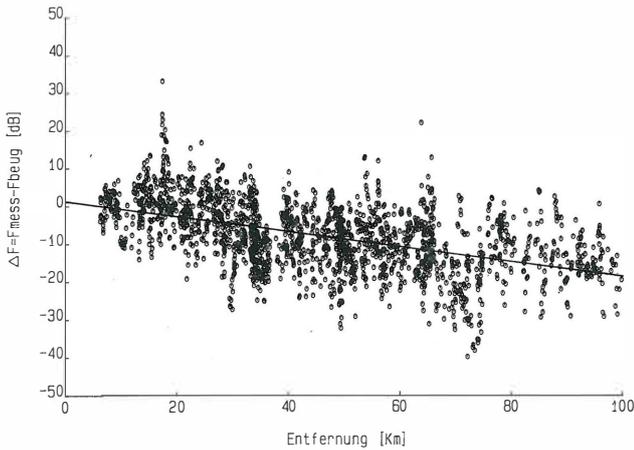


Bild 7

Darstellung der Differenz ΔF zwischen den gemessenen und den durch Beugungsdämpfung berechneten Feldstärken zur Ermittlung von Korrekturfaktoren für 4 m Empfangsantennenhöhe

$$\Delta F = F_{\text{mess}} - F_{\text{beug}}$$

F_{mess} = gemessene Feldstärke
 F_{beug} = mit Berücksichtigung der Beugungsdämpfung errechnete Feldstärke

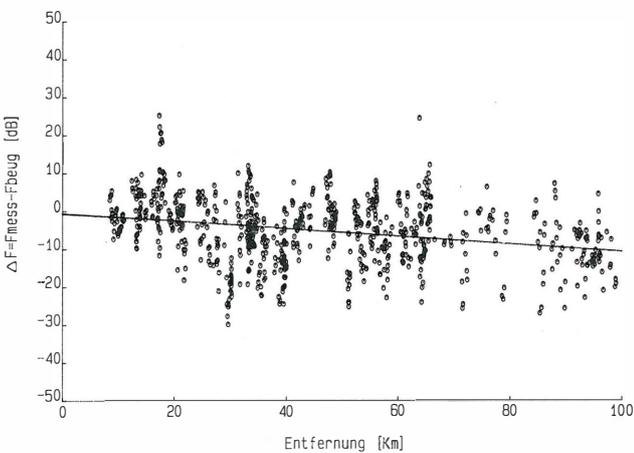


Bild 8

Darstellung der Differenz ΔF zwischen den gemessenen und den durch Beugungsdämpfung berechneten Feldstärken zur Ermittlung von Korrekturfaktoren für 10 m Empfangsantennenhöhe

$$\Delta F = F_{\text{mess}} - F_{\text{beug}}$$

F_{mess} = gemessene Feldstärke
 F_{beug} = mit Berücksichtigung der Beugungsdämpfung errechnete Feldstärke

(Sender, Hindernis) zum Empfänger abhängt. Bei ständiger freier Sicht (SWF-Messung) ist diese Entfernung im Mittel natürlich größer und damit auch die Dämpfung.

Die Empfangsfeldstärke E ergibt sich in der Entfernung d mit der Empfangsantennenhöhe HE bei unserem Verfahren zu

$$E = E_f(d) - D_{\text{beug}} + k(HE, d)$$

E_f = Freiraumfeldstärke
 D_{beug} = Beugungsdämpfung
 $k(HE, d)$ = Korrekturfaktor.

6. Ergebnisse

Ein Vergleich der Vorhersagegenauigkeiten verschiedener Verfahren ist in [1, 2, 3, 4, 5, 6] ausführlich beschrieben worden, so daß hier zum Vergleich nur noch die Ergebnisse nach der CCIR-Empfehlung 370 [7] herangezogen werden. **Bild 9** und **Bild 10** zeigen für die beiden Sektoren beim Feldberg/Schwarzwald die Feldstärkeprofile nach CCIR (ohne Δh -Korrektur) und nach unserem Verfahren. Man sieht, daß beim CCIR-Verfahren die Feldstärke im wesentlichen nur von der Entfernung abhängt. Der Einfluß des Geländes wird kaum sichtbar, während er bei unserem Verfahren die starke Aufgliederung der Feldstärke im Empfangsgebiet bewirkt.

Die Analyse der Vorhersagefehler ergibt für unser Modell auch eine deutlich bessere Genauigkeit, wie die Werte in **Tabelle 1** zeigen. Die Verteilung des

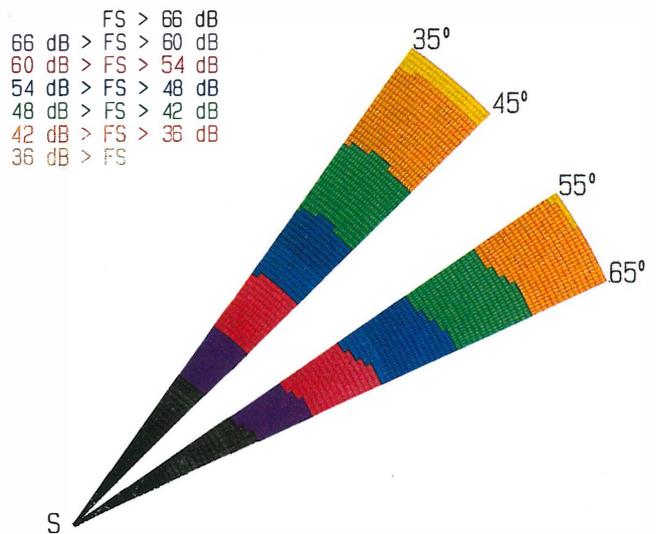


Bild 9

Feldstärkeprognose nach CCIR [7] (ohne Δh -Korrektur) für zwei Sektoren beim Sender Feldberg/Schwarzwald bei 4 m Empfangsantennenhöhe

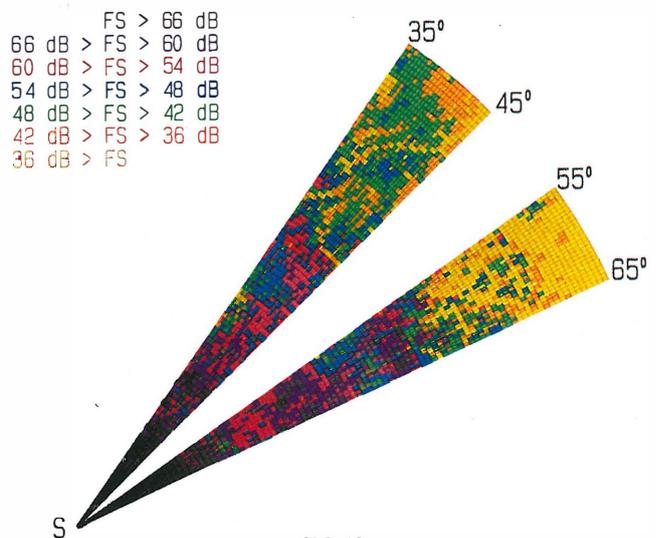


Bild 10

Feldstärkeprognose mit dem IRT-Verfahren für zwei Sektoren beim Sender Feldberg/Schwarzwald bei 4 m Empfangsantennenhöhe

Verfahren	Höhe der Empfangsantenne	σ (dB)	$\overline{\Delta F}$ (dB)
CCIR	4 m	9,5	-1,5
IRT		7,0	-0,5
CCIR	10 m	8,2	-3,3
IRT		6,8	-0,6

Tabelle 1

Statistische Parameter der Verteilung der Vorhersagefehler für den Sender Feldberg/Schwarzwald

Prognosefehler entspricht einer Gaußverteilung mit folgenden Parametern:

- ΔF = $F_{\text{mess}} - F_{\text{calc}}$
- ΔF = Vorhersagefehler (dB)
- F_{mess} = gemessene Feldstärke (dB)
- F_{calc} = berechnete Feldstärke (dB)
- σ = Standardabweichung
- $\overline{\Delta F}$ = mittlerer Prognosefehler.

Da die Korrekturfaktoren $k(4, d)$ und $k(10, d)$ aus den Messungen beim Feldberg/Schwarzwald gewonnen wurden, waren auch gute Vorhersagen mit unserem Verfahren zu erwarten. Beim CCIR-Modell sind die Werte für 10 m Empfangsantennenhöhe besser als für 4 m, was wohl darauf zurückzuführen ist, daß die Ausbreitungskurven aus einer Vielzahl von Messungen mit 10 m Empfangsantennenhöhe gewonnen wurden. Bei unserem Verfahren sind die Ergebnisse für beide Empfangsantennenhöhen nahezu gleich, da der Einfluß der Morphographie durch den jeweiligen Korrekturfaktor ausgeglichen wird.

In dem deutlich weniger rauen Gelände beim Sender Waldburg (siehe Bild 2) ergeben beide Verfahren recht gute Vorhersagen (Tabelle 2). Da in diesem Gebiet aber nur etwa 450 gemessene und gerechnete Medianwerte verglichen wurden, während es beim Feldberg/Schwarzwald über 2000 Werte waren, sind die Ergebnisse unter statistischen Aspekten mit Vorsicht zu betrachten. In Bild 11 erkennt man wieder, daß das CCIR-Verfahren einen mittleren Verlauf der Meßergebnisse wiedergibt, während die Vorhersage nach unserem Verfahren besser mit dem gemessenen Feldverlauf korreliert. Einige größere Abweichungen von ca. 10 dB im Bereich 40 bis 70 km sind auf die in 2. genannten Probleme zurückzuführen, aber auch auf die für Bild 11 gewählte Darstellung der Messungen. Um den Feldstärkeverlauf übersichtlich zu halten und die Anzahl der Meßwerte zu reduzieren, wurden Medianwerte über Intervalle von

Verfahren	Höhe der Empfangsantenne	σ (dB)	$\overline{\Delta F}$ (dB)
CCIR	4 m	5,3	4,9
IRT		5,3	-3,2

Tabelle 2

Statistische Parameter der Verteilung der Vorhersagefehler für den Sender Waldburg

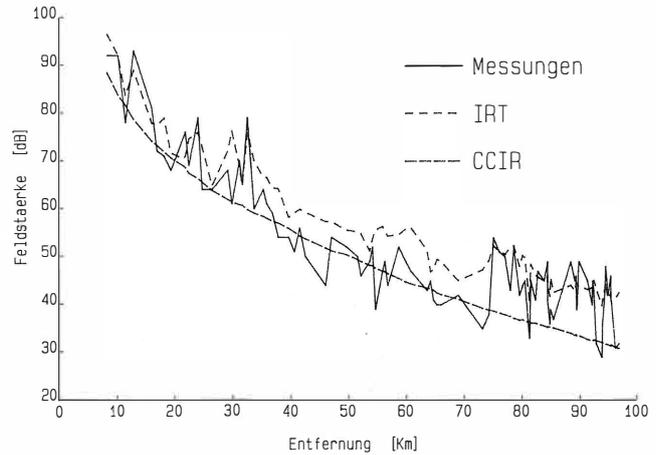


Bild 11

Gemessener und berechneter Feldstärkeverlauf beim Sender Waldburg für 4 m Empfangsantennenhöhe

- gemessen
- - - berechnet nach dem IRT-Verfahren
- · - · - berechnet nach CCIR [7] (ohne Δh -Korrektur)

1000 m gebildet. Auf diese Länge ist aber häufig die Morphographie nicht konstant und auch die Beugungsdämpfung kann sich stark ändern.

7. Schlußbetrachtung

Das in dieser Arbeit vorgeschlagene Verfahren zur Feldstärkeprognose hat einige Ähnlichkeit mit dem vom SWF vorgestellten Modell [8], aber durch unsere umfangreichen Untersuchungen [1, 2, 3, 4, 5, 6] scheint dieser Ansatz nun stärker begründet. Durch das Modell der mehrfachen Kantenbeugung [15, 16] gegenüber der Beugung an zylindrischen Flächen beim SWF-Verfahren ergibt sich auch eine deutlich bessere Vorhersagegenauigkeit [1]. Der größere numerische Aufwand unseres Verfahrens gegenüber dem CCIR-Modell führt, zumindest in rauhem Gelände, zu genaueren Vorhersagen und läßt auch Versorgungslücken erkennen. Da auch der gemessene Feldstärkewert, abhängig vom Gelände und von der Morphographie, eine Ortsstreuung von ca. 5 dB [11] aufweist, läßt sich abschätzen, daß mit der gegebenen Auflösung der Datenbank die Vorhersagegenauigkeit nur noch gering verbessert werden kann. Da die Auflösung und die Genauigkeit der Datenbank in absehbarer Zeit nicht wesentlich verbessert werden wird, werden auch keine Feldstärkevorhersagen mit deutlich geringerer Streuung als 7 dB möglich sein. Daher scheint es vordringlicher, die Zuverlässigkeit des Verfahrens in verschiedensten Geländetypen zu gewährleisten, als zu versuchen, die Vorhersagegenauigkeit zu verbessern. Dazu sind weitere zeitaufwendige Messungen notwendig, vor allem auch mit der für den Rundfunk besonders interessanten Empfangsantennenhöhe von 10 m.

Im UHF-Bereich ist der Einfluß der Morphographie auf die Ausbreitungsdämpfung erheblich größer. Für diesen Bereich ist der Ansatz eines Korrekturfaktors wahrscheinlich ungenügend, und eine höhere Auflösung der Gelände- und Morphographiedaten wäre wünschenswert. Mit genaueren Geländedaten ließen sich auch Reflexionen berücksichtigen oder mit der geometrischen Beugungstheorie (GTD - geo-

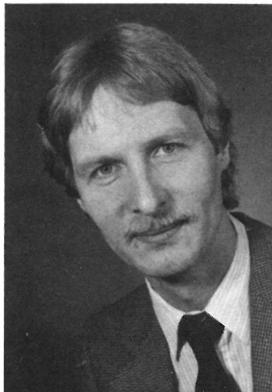
metrical theory of diffraction) [17, 18, 19] der Einfluß des dreidimensionalen Geländes auf die Wellenausbreitung erfassen.

Der Verfasser bedankt sich bei den Herren Raufmann, Vergulescu und Dinter (IRT) für die Durchführung der umfangreichen Messungen und bei den Herren Stöcker (SWF) und Gilesen (IABG) für die Bereitstellung der topographischen Daten.

SCHRIFTTUM

- [1] Großkopf, R.: Statistische Analyse von Feldstärkevorhersagen für den VHF-Bereich. Tech. Ber. Nr. B 60/84 des IRT, München, Mai 1984.
- [2] Großkopf, R.: Statistische Analyse von Feldstärkevorhersagen für den VHF-Bereich. Tech. Ber. B 65/84 des IRT, München, September 1984.
- [3] Großkopf, R.: Erste Ergebnisse der Analyse von Feldstärkeprognoseverfahren im VHF-Bereich. Tech. Ber. Nr. 72/85 des IRT, München, August 1985.
- [4] Großkopf, R.: Vergleichende Untersuchung verschiedener Feldstärkeprognose-Modelle im VHF-Bereich. Kleinheubacher Ber. Band Nr. 29. Hrsg. v. Fernmeldetech. Zentralamt, Darmstadt 1986, S. 393 bis 401.
- [5] Großkopf, R.: Statistische Analyse von Feldstärkevorhersagen für den VHF-Bereich. Nachrichtentech. Fachber. 91 (1986), Hörrundfunk 7. VDE-Verlag, Berlin, S. 23 bis 31.
- [6] Großkopf, R.: Comparison of different methods for the prediction of the field strength in the VHF-range. IEEE Trans. on Antennas and Propag. (erscheint demnächst).
- [7] CCIR: VHF and UHF propagation curves for the frequency range from 30 MHz to 1000 MHz. Rec. 370-4, XVth Plenary Assembly, Genf 1982, Vol. V: Propagation in non-ionized media, S. 207 bis 232. Hrsg. v. d. UIT, Genf 1982.
- [8] Krank, W.; Stöcker, F.: Feldstärkevorhersage unter Benützung einer Topographischen Datenbank im Versorgungsgebiet des Südwestfunks. Rundfunktech. Mitt. 26 (1982), S. 162 bis 179.
- [9] Millington, G.; Hewitt, R.; Immirzi, F. S.: Double knife-edge diffraction in field strength predictions. Proc. Inst. Elect. Eng. Vol. 109C (1962), S. 419 bis 429.
- [10] Vogler, L. E.: An attenuation function for multiple knife-edge diffraction. Radio Science 17 (1982), S. 1541 bis 1546.
- [11] Sandell, R. S.; Lee, R. W.: Developments in the prediction techniques used for the planning of VHF/UHF broadcast services. 4th Intern. Conf. on Antennas and Propagation ICAP 85, Coventry, Conf. Publ. No. 248. Hrsg. v. Inst. of Elect. Eng., London — New York 1985, S. 400 bis 404.
- [12] Causebrook, J. H. et al.: Computer prediction of field strength. A manual on methods developed by the BBC for the LF, MF, VHF and UHF bands. (F. S. Man.). Hrsg. v. d. BBC, Kingswood Warren, 1982.
- [13] Löw, K.: Feldstärkeprognose im Mobilfunk mit Hilfe der topographischen Datenbank. Tech. Ber. FI 446 TBR 5. Hrsg. v. FTZ, Darmstadt, Februar 1982.
- [14] Okumura, Y.; Ohmori, E.; Kawano, T.; Fukuda, K.: Field strength and its variability in VHF and UHF land-mobile radio service. Rev. of the Elect. Comm. Lab. 16 (1968), S. 825 bis 873.
- [15] Deygout, J.: Multiple knife-edge diffraction of microwaves. IEEE Trans. on Antennas and Propag. Vol. AP-14 (1960), S. 480 bis 489.
- [16] Meeks, M. L.: VHF propagation over hilly, forested terrain. IEEE Trans. on Antennas and Propag. Vol. AP-31 (1983), S. 483 bis 489.
- [17] Chamberlin, K. A.; Luebbbers, R. J.: An evaluation of longley-rice and GTD propagation models. IEEE Trans. on Antennas and Propag. Vol. AP-30 (1982), S. 1093 bis 1098.
- [18] Luebbbers, R. J.: Finite conductivity uniform GTD versus knife-edge diffraction in prediction of propagation path loss. IEEE Trans on Antennas and Propag. Vol. AP-32 (1984), S. 70 bis 76.
- [19] Luebbbers, R. J.: Propagation prediction for hilly terrain using GTD wedge diffraction. IEEE Trans. on Antennas and Propag. Vol. AP-32 (1984), S. 951 bis 955.

Der Autor



Dipl.-Physiker Rainer Großkopf (38) studierte Physik an der Ludwig-Maximilians-Universität in München. Seit 1976 ist er wissenschaftlicher Mitarbeiter im Institut für Rundfunktechnik. Seine Arbeitsgebiete sind Antennentechnik und Wellenausbreitung.

DIE 12. TAGUNG DER UER-UNTERARBEITSGRUPPE R1 (TERRESTRISCHER HÖRRUNDFUNK)

GENF, 18. BIS 21. FEBRUAR 1986

Die UER-Unterarbeitsgruppe (UAG) R1 traf sich in der Zeit vom 18. bis 21. Februar 1986 in Genf zu ihrer 12. Tagung. An diesem Treffen nahmen 23 Fachleute aus 14 Ländern teil. Den Vorsitz führte G. Petke (ARD/ZDF).

Wegen des bevorstehenden zweiten Teils der Kurzwellenkonferenz stand die Behandlung der damit verbundenen Probleme im Vordergrund dieser Tagung. Neben diesem Thema bildeten noch folgende weitere einen Schwerpunkt bei den Diskussionen:

- UKW-Hörrundfunk
- Radio-Daten-System
- Lang- und Mittelwellenrundfunk
- Sonstige Aktivitäten.

1. Vorbereitung der KW-Konferenz

Die im Zusammenhang mit der KW-Konferenz (2. Teil) noch durchzuführenden Aufgaben werden, soweit sie technischer Natur sind, innerhalb der Spezialisten-Gruppe R1/HF behandelt. H. Hartmann (DW), der neugewählte Vorsitzende, gab einen Bericht über den Fortgang der Arbeiten in der Spezialistengruppe sowie über die noch zu lösenden Probleme. Er betonte, daß 1985 ein sehr arbeitsreiches Jahr aus der Sicht des KW-Rundfunks gewesen sei, da beim IFRB die Requirements einzureichen waren. Als Folge davon seien weniger Aufgaben bewältigt worden, als man Anfang des Jahres gehofft hatte.

Zu den Aufgaben, die in dieser Spezialistengruppe noch gelöst werden müssen, gehören:

- Erstellen von Rechenprogrammen für die KW-Ausbreitung,
- Eigenschaften von Antennen mit Mehrfach-Frequenz-Nutzung sowie mit elektrisch nachsteuerbarem Horizontaldiagramm,
- Beziehung zwischen Empfängerempfindlichkeit und Versorgung,
- Analyse des Planungsalgorithmus.

Der IFRB hatte vom 1. Teil der KW-Konferenz her die Aufgabe erhalten, einen Planungsalgorithmus zu erarbeiten, mit dessen Hilfe den Requirements dann Frequenzen zugeteilt werden können. Dabei sollten die auf dem 1. Teil der Konferenz festgelegten technischen Parameter berücksichtigt werden. Inzwischen hat der IFRB die grundlegenden Arbeiten dazu abgeschlossen und den Planungsalgorithmus präsentiert (IFRB Informal Meeting, 5. bis 7. Februar 1986).

Ausgehend von dem Band mit der zeitlich stärksten Belegung wird in einem ersten Schritt die Qualität herabgesetzt, d. h. der Gleichkanalschutzabstand wird von 27 dB auf 17 dB in mehreren Stufen reduziert. Lassen sich bei dieser Qualität immer noch nicht alle Requirements unterbringen, werden die 6 sogenannten „Suspension Rules“ angewandt. Die Diskussion innerhalb der UAG zeigte, daß das Anwenden dieser Eingangsregel sicherlich auf dem zweiten Teil der KW-Konferenz nicht die ungeteilte Zustimmung aller Verwaltungen finden wird. Insbesondere ist zu erwarten, daß diejenigen Verwaltungen, die nur wenige Requirements angemeldet

haben, nicht von vornherein mit einer Qualitätsminderung einverstanden sein werden. Die Diskussion zeigte weiter, daß Regel Nr. 6 wohl am wenigsten Zuspruch bei den Kurzwellenbetreibern findet, da diese eine Kürzung der vorgesehenen Sendezeit bis auf eine halbe Stunde vorsieht, wenn sich die Überbelegung mit Hilfe aller vorangegangenen Regeln in diesem Frequenzband nicht beseitigen läßt.

Sollte bei Anwendung aller Regeln die Überbelegung in diesem Frequenzband immer noch nicht beseitigt sein, so soll nach Vorstellung des IFRB der Gleichkanalschutzabstand weiter reduziert werden. Es wurde allerdings festgestellt, daß der IFRB hierzu keinen Auftrag hat, d. h. diese Regel müßte auf dem 2. Teil der Konferenz noch bestätigt werden.

Die Anwendung des Planungsalgorithmus führt bei mehrmaliger Anwendung nicht zu reproduzierbaren Ergebnissen, d. h. welches Requirement auf eine Warteliste gesetzt wird, bleibt mehr oder weniger dem Zufall überlassen. Es wäre aber auch nicht sinnvoll, im Rahmen der UER (z. B. der Ad-hoc-Gruppe R1/HF COM) ein konkurrierendes Programm für den Planungsalgorithmus zu entwickeln. Neben der dafür nicht ausreichenden Kapazität der Spezialistengruppe wäre die Erstellung solch eines Programms auch politisch recht brisant, unternimmt doch der IFRB das erste Mal den Versuch, durch ein Auswahlverfahren vorläufige Streichungen¹ von Requirements vorzunehmen. Die Arbeit der Spezialistengruppe kann sich daher nur auf das Erarbeiten von Verbesserungsvorschlägen beschränken, die beim IFRB oder zum 2. Teil der Konferenz eingereicht werden könnten, sowie auf das Erstellen von Rechenprogrammen für die KW-Ausbreitung. In diesem Zusammenhang wurden im Ausbreitungs-Rechenprogramm des IFRB noch gravierende Fehler entdeckt.

Um die Eigenschaften von Antennen mit Mehrfach-Frequenz-Nutzung sowie mit elektrisch nachsteuerbaren Horizontaldiagrammen zu untersuchen, war 1985 vom CCIR eine Interim-Arbeitsgruppe IWP 10/1 (Vorsitz: G. Gröschel, D) gegründet worden. Diese Gruppe hatte auf der Schlußtagung des CCIR ihren Abschlußbericht vorgelegt. Inwieweit die Erkenntnisse genutzt werden, muß auf dem 2. Teil der Konferenz entschieden werden. Unklar ist derzeit noch, wie die zahlreichen Tabellen benutzerfreundlich präsentiert werden können. Auch die Eigenschaften logarithmisch periodischer Antennen bereiten noch Probleme, da die technischen Angaben im Bericht zum 2. Teil der Konferenz ungenügend sind und die Ergebnisse damit zu ungenau werden.

Die UAG diskutierte die Frage einer zusätzlichen Datenübertragung im KW-Bereich. Bei einer Verkürzung der Programmzeit bis herab zu einer halben Stunde ließe sich durch die Übertragung geeigneter Zusatzinformationen auch bei Umschalten in ein anderes Frequenzband das Programm wiederfinden. Es wurden jedoch Bedenken geäußert, ob die bisher bekannten Verfahren, die auf einer Phasenmodulation des Trägers beruhen, für den KW-Bereich geeignet seien, da diese Verfahren die Einführung von SSB zusätzlich erschweren würden. Darüber hinaus war man der Auffassung, daß man dieses Thema erst nach dem 2. Teil der KW-Konferenz wieder aufgreifen sollte (wegen möglicher Entkräftung von Argumenten gegen „Suspension Rule“ N6).

¹ Wie ein Requirement, das auf eine Warteliste gesetzt wurde, später wieder eingeführt werden kann, ohne die Interferenzsituation zu verändern, ist noch völlig offen.

2. UKW-Hörrundfunk

In Abwesenheit des Vorsitzenden der Spezialistengruppe R1/FM, F. Angeli (RAI), berichtete V. Del Duce (RAI) über die letzte Tagung dieser Gruppe (Brüssel, 19. bis 21. November).

Zu dem neuen Aufgabenbereich, den die Spezialistengruppe R1/FM erhalten hat, gehört u. a. auch die Analyse des Genfer Plans. Die UER hatte zu den zurückliegenden Konferenzen jeweils ein Technisches Dokument erstellt, und es war daher ihr Wunsch, auch zur UKW-Konferenz ein Technisches Dokument auszuarbeiten. Dazu wurde eine Ad-hoc-Gruppe² gegründet (Vorsitz: D. Kienast, ARD/ZDF), die ihre Arbeit inoffiziell noch während der Tagung der Spezialistengruppe aufnahm. Die UAG R1 billigte zwar das Vorgehen der Spezialistengruppe, betonte aber, daß in diesem Fall Eile geboten sei, den Technischen Bericht fertigzustellen, da er bei zu spätem Erscheinen seine Aktualität verliere.

Im Zusammenhang mit der Genfer UKW-Konferenz wurden verschiedene automatische Frequenzzuteilungsverfahren veröffentlicht. Die Spezialistengruppe R1/FM hatte diese Verfahren diskutiert und festgestellt, daß hinsichtlich des Algorithmus der Frequenzzuteilung alle Verfahren noch Verbesserungen erfordern. Zwecks einer genaueren Analyse sollten die Organisationen, die solche Syntheseprogramme besitzen, gebeten werden, der Technischen Zentrale nähere Informationen zukommen zu lassen, die in einem Dokument zusammengefaßt werden sollten.

Eine weitere Aufgabe der Spezialistengruppe bestand darin, die Probleme zu untersuchen, die im Zusammenhang mit der Vorabnutzung von Frequenzen des Genfer Planes entstehen und nach Lösungsmöglichkeiten zu suchen. Die UAG R1 kam zu der Auffassung, daß durch die Konferenz von Hannover (10. bis 14. Juni 1985) die Probleme innerhalb der UER weitgehend beseitigt wurden. Vorabnutzungswünsche, die darüber hinausgingen, werden insbesondere durch die unnachgiebige Haltung einiger Ostblockländer, die nicht in Hannover vertreten waren, blockiert. Da andererseits nicht alle Probleme mit Inkrafttreten des Planes beseitigt sein werden, schlug die UAG eine Modifizierung dieses Aufgabenpunktes vor. Danach sollen auch Probleme, die nach Inkrafttreten des Genfer Planes (1. 7. 1987) auftreten, untersucht und nach Lösungsmöglichkeiten gesucht werden.

In vielen europäischen Ländern entstehen derzeit lokale Sendernetze, deren Betreiber oftmals nicht mit den einschlägigen internationalen Vorschriften vertraut sind, oder aber sich bewußt über diese hinwegsetzen. Die UAG R1 beschloß daher, einen Bericht auszuarbeiten, der dann als Anhang zur Empfehlung 412³ beim CCIR eingereicht werden soll. Dieser Bericht soll aufzeigen, welche Parameter die RF-Schutzabstände negativ beeinflussen (z. B. Hub, RF-Pegel, Kompression usw.). Als erster Schritt wurde eine Liste erstellt, welche Aufgaben bzw. Untersuchungen in diesem Zusammenhang noch durchgeführt werden müssen.

3. Radio-Daten-System

Der Vorsitzende der Spezialistengruppe R1/RDS, Dr. Ely (BBC), berichtete über die letzte Sitzung dieser Gruppe (Kingswood Warren 25. bis 27. November). Die Spezialistengruppe hat u. a. die Aufgabe, ein Technisches Dokument „Richtlinien für die Einführung von RDS“ zu entwerfen. Die einzelnen Aufgaben, die dazu an die Mitglieder der R1/RDS gestellt wurden, sind weitgehend gelöst worden. Die anstehenden Arbeiten dazu sollen auf dem Korrespondenzwege abgeschlossen werden. Zum ge-

genseitigen Meinungsaustausch hatte die Spezialistengruppe am 28. November Vertreter der europäischen Empfängerindustrie eingeladen; auch hierbei ging es im wesentlichen um Fragen im Zusammenhang mit der Einführung von RDS. Die gemeinsame Haltung wurde in einer Pressemitteilung veröffentlicht.

Es ist geplant, bereits bei der ersten Generation von RDS-Empfängern eine Steckverbindung für externe Geräte (Display, Drucker usw.) vorzusehen. Die Frage der erforderlichen Kontakte ist hierbei von Wichtigkeit. Die UAG diskutierte die dazu eingereichten Vorschläge und kam zu dem Ergebnis, daß bei Realisierung einer Rückmeldeleitung die erforderliche Buchse mindestens 7 Kontakte (bei serieller Datenausgabe) aufweisen müßte. Ein entsprechender Vorschlag an die Empfängerindustrie wurde vorbereitet.

Die Abstrahlung von Alternativen Frequenzen wirft vielfach noch Probleme auf. Von deutscher Seite liegt ein Vorschlag vor, der eine Modifikation der UER-Spezifikation darstellt (Doc. Tech. 3244). Danach soll bei größeren Sendernetzen jeder Sender seine eigene AF-Liste abstrahlen, wobei dessen eigene Frequenz an erster Stelle in der Liste steht. Dieser innerhalb der UAG erstmals diskutierte Vorschlag fand nur von österreichischer Seite Unterstützung. Offenbar haben sich bis jetzt nur wenige Organisationen über die Nutzung der Alternativen Frequenzen Gedanken gemacht.

Die UAG R1 forderte die Spezialistengruppe R1/RDS auf, den deutschen Vorschlag auf ihrer nächsten Sitzung zu diskutieren und eine entsprechende Änderung für die UER-Spezifikation auszuarbeiten. Weitere Punkte, die auf die Tagesordnung der Spezialistengruppe gesetzt werden sollen, sind die Übertragung von Verkehrsnachrichten im Transparenten Kanal oder auch, wie von italienischer Seite vorgeschlagen, als Radiotext-Anwendung. Auch die Eingliederung des schwedischen MBS-Systems (Personenruf-System) in das Radio-Daten-System soll diskutiert werden. Diese Umstellung soll in Schweden bis 1992 durchgeführt werden, wobei die bereits vorhandenen Empfänger (ca. 60 000!) ersetzt werden müssen.

Die UAG R1 zeigte sich betroffen darüber, daß in einigen Ländern weitere Verfahren zur Übertragung von Zusatzinformationen diskutiert werden, obwohl neben einer UER-Empfehlung auch eine weltweite CCIR-Empfehlung für das RDS-System existiert. Die UAG bat daher die Technische Zentrale, ein Dokument zu erstellen, in dem neben RDS alle weiteren derzeit zur Diskussion stehenden Systeme mit ihren technischen Parametern aufgeführt sind.

4. Lang- und Mittelwellenrundfunk

Die UAG diskutierte die bekannten Verfahren zur Übertragung von Zusatzinformationen im Lang- und Mittelwellenrundfunk (BBC, DDR, Japan). Davon weist das Verfahren der Japaner (NHK) die niedrigste Datenrate auf (16 bit/s). Aber auch das Verfahren der BBC erlaubt mit 25 bit/s nur eine niedrige Übertragungsgeschwindigkeit. Dagegen liegt die Datenrate des in der DDR entwickelten Verfahrens mit 100 bit/s deutlich höher. Auch innerhalb der ARD wurden in jüngster Zeit Versuchsendungen zur Übertragung von Zusatzinformationen ausgestrahlt (Donebach 155 kHz, Bodenseesender 666 kHz). Der Vertreter der TDF berichtete von ersten Versuchen mit dem französischen Langwellensender Allouis (164 kHz).

In Anbetracht des europaweiten großen Interesses an der Übertragung von Zusatzinformationen im LW/MW-Bereich schlug die UAG R1 vor, daß die Spezialistengruppe R1/RDS sich mit diesem Thema befassen sollte und erweiterte deren Aufgabenbereich dementsprechend.

² R1/FM-COV.

³ Planning standards for FM sound broadcasting at VHF.

Es ist anzustreben, auch im LW/MW-Bereich in Europa ein einheitliches Verfahren einzuführen.

Beobachtungen im LW- und MW-Bereich hatten gezeigt, daß in zunehmendem Maße Stationen von der ihnen im Genfer Plan 1975 zugewiesenen Frequenz abweichen (Offsetbetrieb), um für sich eine verbesserte Störsituation zu erzielen. Die Technische Zentrale hatte in diesem Zusammenhang ein Schreiben an ihre Mitgliedsorganisationen verschickt um zu klären, ob und aus welchen Gründen diese solche Stationen betreiben bzw. inwieweit sie durch Sender mit Offsetbetrieb gestört werden. Die Antworten sollen auf der nächsten Tagung der R1 diskutiert werden.

5. Sonstige Aktivitäten

Von der CCIR-Interim-Arbeitsgruppe IWP 10/7 (Vorsitz: M. Schneider, SUI) lagen Empfehlungsentwürfe für AM- und FM-Empfängereigenschaften vor. Die UAG R1 diskutierte diese Entwürfe und stellte einen Katalog von

Verbesserungsvorschlägen bzw. Kommentaren zusammen, die der IWP 10/7 zugeleitet wurden.

Aufgrund zweier deutscher Beiträge wurde die Frage des digitalen Hörfunks im UKW-Bereich diskutiert. Es zeigte sich, daß auch in anderen europäischen Ländern Interesse an dieser Nutzung besteht, so werden z. B. in Schweden entsprechende Untersuchungen dazu durchgeführt. Die UAG R1 kam zu der Auffassung, daß sich die Problematik und die damit verbundenen Aufgaben im wesentlichen in zwei Teilbereiche gliedern lassen. Zum einen gehören die Festlegung eines geeigneten digitalen Modulationsverfahrens und Datenformates (Randbedingungen), zum anderen die Lösung von Planungsfragen, wobei der erste Teilbereich in den Zuständigkeitsbereich der Untergruppe V4, der zweite in den der Untergruppe R1 fallen könnte.

Die nächste Tagung der Untergruppe R1 wird voraussichtlich im Frühjahr 1987 in München stattfinden.

Gerd Petke
Institut für Rundfunktechnik, München

DIE 6. TAGUNG DER UER-UNTERARBEITSGRUPPE R4 (WELLENAUSBREITUNG)

WIEN, 5. BIS 7. MÄRZ 1986

Die UER-Unterarbeitsgruppe R4 (Wellenausbreitung) tagte, einer Einladung des Österreichischen Rundfunks folgend, vom 5. bis 7. März in Wien. Den Vorsitz hatte erstmals Roger Byrne (IBA).

Eingeleitet wurde die Tagung durch kurze Berichte über einige seit der vorangehenden Tagung eingetretene Ereignisse, die in den Interessenbereich der Unterarbeitsgruppe R4 fallen. Zu der Ende 1984 abgeschlossenen 2. Sitzungsperiode der UKW-Planungskonferenz wurde auf den Bericht in [1] verwiesen. Besonders hervorgehoben wurde in diesem Zusammenhang die hervorragende Computerunterstützung durch die UER. Bei der CCIR-Studienkommission 5 hatten einige in der UER-Unterarbeitsgruppe R4 erarbeitete Beiträge Berücksichtigung gefunden. Von der CCIR-Interim-Arbeitsgruppe IWP 5/1 wurde über die unmittelbar bevorstehende Fertigstellung des Weltatlas der Bodenleitfähigkeiten, von der IWP 5/5 über die Beendigung der Vorbereitungsarbeiten zur ersten Sitzungsperiode der TV-Planungskonferenz für Afrika berichtet.

Für den Lang- und Mittelwellenbereich waren aus Finnland Bandbelegungsbeobachtungen vorgelegt worden, deren weitere Auswertung von der BBC wahrgenommen wird.

Die bei der vorangegangenen Tagung aufgetretenen Schwierigkeiten bei der Abfassung eines CCIR-Beitrags zur Änderung der Raumwellentagesgangvorhersage in der CCIR-Empfehlung 435-4 konnten weitgehend beseitigt werden, da inzwischen die noch fehlenden Meßergebnisse einer UER-Meßaktion zur Raumwellenausbreitung im unteren Bereich des Mittelwellenfrequenzbandes vorlagen. Die auf einer sehr geringen Anzahl von Meßwerten basierende Aussage über den morgendlichen Raumwellenfeldstärkeabfall im LF/MF-Bereich soll zukünftig durch eine Vorhersagekurve ersetzt werden, die aufgrund der umfangreichen Datenbasis genauere Vorhersagen erwarten läßt. Auch hat sich eine bessere Übereinstimmung der neuen Kurve mit australischen und amerikanischen Meßergebnissen gezeigt.

Hinsichtlich des umfangreichen LF-, MF-, HF-Meßdatenmaterials, das von den Meß- und Beobachtungsstationen der in der UER zusammengeschlossenen Institutionen laufend bereitgestellt wird, wurde vorgeschlagen, von einer Verteilung der Rohdaten innerhalb der Unterarbeitsgruppe abzusehen und vielmehr eine Vorauswertung einzuschalten, um die Papierflut innerhalb der Gruppe in Grenzen zu halten. Im Interesse einer verbesserten Vergleichbarkeit der Meßergebnisse wird angestrebt, zunächst Informationen über die in den einzelnen Stationen angewandten Meßmethoden zu sammeln und später daraus Empfehlungen zu deren Vereinheitlichung abzuleiten.

Den bisher aus praktischen Erwägungen hauptsächlich in der UER-Spezialistengruppe R1/HF bearbeiteten Kurzwellenausbreitungsproblemen soll zukünftig innerhalb der Unterarbeitsgruppe R4 mehr Aufmerksamkeit gewidmet werden.

Auf dem Gebiet des VHF/UHF-Rundfunks fanden erwartungsgemäß die Beiträge zur Verbesserung der Feldstärkevorhersage das stärkste Interesse. Die Diskussionen ergaben, daß trotz der vielerorts zu verzeichnenden Fortschritte bei der geländebezogenen Feldstärkevorhersage für die internationale Frequenzplanung bis

auf weiteres nur die statistischen Methoden der CCIR-Empfehlung 370 als allgemein anerkannte Basis zur Verfügung stehen, wobei einerseits deren Schwachpunkte durchaus gesehen werden, andererseits aber auch die einfache Handhabung gegenüber Verfahren mit umfangreichem Computereinsatz abzuwägen ist. Unabhängig davon werden sowohl bei der geländebezogenen als auch bei der statistischen Feldstärkevorhersage wesentliche Verbesserungen für notwendig gehalten. Durch die Bildung der Ad-hoc-Gruppe R4/VHF-UHF sollen die Bemühungen der Unterarbeitsgruppe R4, möglichst bald zu nennenswerten im UER-Bereich koordinierten Fortschritten zu kommen, intensiviert werden. Neben der Untersuchung der entsprechenden Feldstärkevorhersagemethoden gehört auch die Suche nach Möglichkeiten zur Vereinheitlichung der innerhalb der verschiedenen UER-Länder benutzten Geländedatenbanksysteme zu den Hauptaufgaben der neu gegründeten Ad-hoc-Gruppe.

In Anbetracht der vom IRT geleisteten umfangreichen Vorarbeiten zur Analyse der derzeit bekannten Feldstärkevorhersageverfahren, deren Ergebnisse bei der Tagung vorgestellt worden waren, wurde das IRT gebeten, einen Mitarbeiter für den Vorsitz der Ad-hoc-Gruppe zu benennen.

Auch für die unmittelbar anstehenden Probleme beim Satellitenrundfunk wurde eine Ad-hoc-Gruppe (R4/PS) gebildet. Ihr Aufgabenbereich erstreckt sich derzeit hauptsächlich auf die mit den Aufwärtsstrecken zu Rundfunksatelliten verknüpften Ausbreitungsprobleme sowie auf Untersuchungen in den für die Region 1 in Frage kommenden Frequenzbändern zur Übertragung von HDTV-Signalen, d. h. in erster Linie bei 23 bzw. 25 GHz. Auch die Weiterverfolgung von Ausbreitungsuntersuchungen zum Satellitenrundfunk im UHF-Bereich gehört zu den Aufgaben der Ad-hoc-Gruppe.

Unterarbeitsgruppe R4 sprach sich für eine baldige Ausrüstung der UER-Empfangs- und Beobachtungsstation in Jurbise (Belgien) mit den für die meßtechnische Erfassung von direkten Satellitenrundfunkübertragungen notwendigen Empfangsapparaturen aus. Es wird nämlich davon ausgegangen, daß die Station dann neben Beobachtungsergebnissen von regelmäßigen Satellitenrundfunkübertragungen auch Meßergebnisse zur Unterstützung von Ausbreitungsuntersuchungen zum Satellitenrundfunk innerhalb der UER-Mitgliedsländer und insbesondere auch der Unterarbeitsgruppe R4 liefert.

Die zukünftigen Aufgaben der Unterarbeitsgruppe R4 erstrecken sich neben den bereits genannten allgemeinen Aufgaben der beiden Ad-hoc-Gruppen hauptsächlich auf die Vorbereitung der jeweils zweiten Sitzungsperioden der weltweiten Funkverwaltungskonferenzen zur Planung des Kurzwellenrundfunks (Anfang 1987) und zur Nutzung des geostationären Orbits (1988).

Die nächste Tagung der Untergruppe R4 wird voraussichtlich im Frühjahr 1987 stattfinden.

SCHRIFTTUM

- [1] Hunt, K. J.; Kopitz, D.: Second session of the regional administrative conference for FM sound broadcasting in the VHF band. EBU Rev. Tech. No. 211 (June 1985), S. 106 bis 114.

Bernd Raufmann
Institut für Rundfunktechnik, München

AUSSTELLUNG DER NATIONAL ASSOCIATION OF BROADCASTERS (NAB-CONVENTION)

DALLAS, 12. BIS 16. APRIL 1986

Die diesjährige 64. Internationale Ausstellung der NAB in Dallas (Texas) hat, um es gleich vorweg zu sagen, keine bahnbrechenden Neuigkeiten gezeigt. Es waren im wesentlichen weiterentwickelte Schnittnachbearbeitungs-Geräte, Grafik- und DVE-Geräte von vielen großen Herstellern, aber auch, speziell für die Low-cost-EB-Nachbearbeitung, zunehmend kleinere Firmen mit neuen Geräten auf der Ausstellung.

Die MAZ-Technik hat durch die ersten Digitalmaschinen wieder Schlagzeilen gemacht. Die meisten anderen Geräte wurden konsequent weiterentwickelt und bedienerfreundlicher gestaltet.

Für den amerikanischen Markt war im Freigelände eine große Zahl von Satellitenanlagen mit einer Fülle von schnelleinsetzbaren „uplink-downlink“-Übertragungswagen zu sehen.

In der Gesamtübersicht bot diese Ausstellung eine außerordentlich gelungene Gesamtdarstellung der heutigen Fernsehtechnik im Studio- und Übertragungsbereich. Die große Anzahl der Besucher über die gesamte Zeit und einige spektakuläre Verkaufsabschlüsse haben diesen Eindruck bestätigt.

Die Firma SONY überraschte zur Eröffnung der Ausstellung mit der Mitteilung, auch die Firmen BOSCH und AMPEX würden ihre Beta-Format-Geräte ab sofort mitvertreiben. Damit ist mit der Firmengruppe PHILIPS, BOSCH, SONY und AMPEX eine starke Gemeinschaft gegen den großen Matsushita-Konzern (M-II-Verfahren) angetreten.

1. „Highlights“

Bei SONY wurde die neue **ENG-CCD-Kamera BVP 5** vorgestellt, die mit dem Recorder zusammen **BVW 105** heißt. Es ist eine 3-Chip-CCD-Kamera, die noch technische Probleme hat und noch nicht in PAL lieferbar ist, aber einen großen Schritt in Richtung röhrenlose Kamera darstellt. Die Auflösung beträgt nach Firmenangabe 550 Zeilen. Eine Low-cost-Ausführung mit 520 Zeilen Auflösung, die **DXC-3000**, soll nach Pressemitteilungen für 6700 US-Dollar (einschließlich Fujinon-12x-Objektiv) zu haben sein.

Das **Betacart-System** wurde in der Software verbessert. Die Maschine kann nun mit 40 Kassetten bestückt werden. Die vier Player BVW 11 DT haben Zeitlupenwiedergabe, d. h. man kann aus dem Standbild wiedergeben oder im Standbild enden. Die Bezeichnung „DT“ steht für „Dynamic Tracking“. Mit 4 Playern BVW 11 ausgerüstet kostet die Maschine ca. 600 000 DM. Eine weitere Version der Betacart-Maschine stellt die neue **Beta-Library-Management**-Maschine dar. Mit dieser Maschine können, im Zusammenspiel mit einem Rechner, 1200 Kassetten verarbeitet werden. Neben dem größeren Kassettenspeicher können auf einer Kassette mehrere Beiträge sein, die programmierbar abzuspielen sind.

Neu ist die **Beta-SP-Familie**. SP steht für „Super Performance“. Mit diesen Maschinen können nun mit einer größeren Kassette bis zu 90 Minuten aufgezeichnet werden. Um die Vorteile der höheren Bildqualität ausnutzen zu können, müssen allerdings Metallbänder verwendet werden. Die kleineren Kassetten aus den bisher üblichen Beta-Geräten können auf Beta-SP-Geräten ebenfalls abgespielt werden.

Neu bei Beta SP sind auch 2 zusätzlich vorhandene FM-Tonspuren, die mit den Videoköpfen mitaufgezeichnet werden. Diese AFM-Tonspuren (Audio Frequency Modulation) haben hervorragende Eigenschaften (ähnlich CD-Qualität). Bisher sind jedoch nur Standgeräte damit ausgerüstet, die Kamera-Aufnahmerekorder noch nicht. Alte Beta-Geräte können diese AFM-Tonspur nicht verarbeiten. Leider ist weder ein Beta-Recorder/Player noch ein Beta-SP-Recorder/Player mit Zeitlupenwiedergabe vorgestellt worden. Für die Beta-SP-Familie existiert z. Z. noch keine Zeitlupenmaschine.

Weiter hat SONY den neuen **Fieldplayer BVW 21** gezeigt, der kleiner und leichter ist als der BVW 20 und einen eingebauten HF-Modulator hat, um Wiedergabe auf einem normalen HF-TV-Empfänger zu ermöglichen. Der BVW 21 soll den BVW 20 ablösen (Kosten ca. 15 000 DM).

Ein neuer **Editor BVE 900** wurde vorgestellt, er kann 4 MAZ-Maschinen und einen Videomischer steuern. Es wird aber ein Datenmonitor benötigt zum Betrieb des BVA 900; außerdem unterscheidet sich dieser Editor in der Anzeige der Schnittdaten wesentlich von unseren bisher benutzten Schnittgrößen BVE 800.

Ein **Color Corrector BVX 10** und ein kleiner **Mischer SEG 2550** mit einem E-file, d. h. einem kleinen Speicher (für 63 Abläufe) und 137 Trickmöglichkeiten, ist für ENG-Bearbeitung in das Lieferprogramm aufgenommen worden. Der Preis für den Mischer beträgt ca. 10 000 US-Dollar.

Gezeigt wurde außerdem ein **Glasfaser-Übertragungssystem FTR 100**, das im einfachen Fall 1 Videosignal, 2 Tonsignale und ein 1 Intercom-Signal übertragen kann. Es arbeitet mit 6,5 mm dickem Glasfaserkabel bis zu Entfernungen von 2 km. Das System ist ausbaufähig für 6 Videosignale, 12 Tonsignale und 1 Intercom-Signal. Die technischen Daten sind im einzelnen nicht bekannt.

Ein **Farb-Suchermonitor** mit hoher Auflösung (superfine pitch) **BVF-7000 Q** für die BVP-360 ist vorgestellt worden. Die Bildschirmdiagonale beträgt 7 inch. Der Sucher macht ein erstaunlich scharfes und kontrastreiches Farbbild.

Das **Indextron**, eine Bildröhre mit 7x höherer Spitzenleuchtdichte als herkömmliche Röhren, war in einem Labormuster zu sehen. Das Bild des kleinen Monitors mit ca. 21 cm Bilddiagonale war außergewöhnlich hell und scharf. Die Röhre arbeitet ohne Lochmaske oder Grill; der Elektronenstrahl wird durch Indexfelder auf der Rückseite der Leuchtschicht positioniert. Man darf von dieser Konstruktion, die einen ausgezeichneten Eindruck machte, noch viel erwarten.

Die Attraktion bei SONY war die **digitale Videoaufzeichnungsmaschine DVR-1000/DVPC-1000**. Die erste Maschine der Welt, die mit der digitalen 4:2:2-Komponentenaufzeichnung arbeitet und die D-1-Kassette benutzt (**Bild 1**). Diese 19-mm-Kassette, die dem SMPTE/EBU-Standard entspricht, gibt es in drei Größen für ca. 11 Minuten, 34 Minuten und 76 Minuten Aufzeichnungszeit. Nach Firmenangaben sollen 20 Generationen möglich sein, ohne einen sichtbaren Qualitätsverlust zu bekommen. Weitere Features sind: 4 digitale Audiokanäle und 50fache Umspulgeschwindigkeit. Durch die genormte Schnittstelle (nach SMPTE/EBU) läßt sich die Maschine mit anderen digitalen Studiogeräten zusammen betreiben.



Bild 1

Die digitale Videoaufzeichnungsmaschine DVR-1000/DVPC-1000 von SONY

Die 1-Zoll-MAZ-Maschinen sind durchweg mit digitaler Tonaufzeichnung (PCM) ausgerüstet und haben daher 2 zusätzliche hochwertige Tonkanäle. Es wurden weitere **Tonbandmaschinen** mit PCM-Aufzeichnung (2 digitale und 2 analoge Tonsignale vorgestellt, außerdem eine 24-Spur-PCM-Maschine mit 2 Analogspuren (Cue) und einem Controltrack.

Bei der Firma AMPEX war die neue **Kassettenmaschine ACR 225** mit digitaler Aufzeichnung die große Neuheit. Die Maschine benutzt ebenfalls die D-1-Kassette mit 13 Minuten Spielzeit. Es werden 256 Kassetten in der ACR-225 verarbeitet. Die Maschine arbeitet mit einem digitalen Aufzeichnungsverfahren, welches das FBAS-Signal digitalisiert und aufzeichnet; sie entspricht daher nicht dem 4:2:2-Standard. An eine Änderung des Aufzeichnungsstandards ist möglicherweise in der Zukunft gedacht.

Die Maschine wird über ein intelligentes Befehlsfeld gesteuert, über welches die 256 Kassetten programmiert werden. Dies geschieht über einen Bar-Code auf der Kassette und einem Code auf dem Band. Im elektronischen Speicher lassen sich 10 000 Kassetten ablegen. Die Maschine liefert 4 digitale Tonsignale. Die PAL-Version wird etwa 1988 auf dem Markt sein. Die ACR-225 ist, mit 4 Playern (Transportern) ausgestattet, in der Lage, 7-Sekunden-Spots abzuspielen. Mit 3 Transportern ausgerüstet kostet sie ca. 300 000 US-Dollar. Die ABC hat die Absicht, 50 Maschinen davon zu kaufen.

Die Firma PHILIPS stellte die Kamerafamilie LDK 6 A vor. LDK 6 A, LDK 26 A und LDK 54 A können nun an ein und derselben Basisstation betrieben werden

und sind untereinander austauschbar. Die LDK 6 A hat eine kontinuierliche Rasterkorrektur über den gesamten Zoombereich der Optik erhalten. Die Rasterumkehrung kann nun vom Bedienpult aus aktiviert werden.

Für die LDK 6 A ist das Coach-System vorgestellt worden. Auf einem Datenmonitor können alle wichtigen Betriebsfunktionen beobachtet werden. Mit Hilfe einer „Maus“ kann ein Cursor an gewünschte Stellen im Datenprogramm geführt werden. Dort wird dann eine weitere Detailauswahl ermöglicht. Auf diese Weise kann eine schnelle Beobachtung aller Funktionen der Kamera erfolgen, ein schneller Eingriff ins Programm gemacht werden und eine meßtechnische Diagnose auch über einen langen Zeitraum erreicht werden (Druckeranschluß). Das Coach-System arbeitet mit einem IBM-Personal-Computer oder dem neuen Philips YES-Computer. Es wird direkt an den Datenbus der Kamera angeschlossen. Über ein Modem läßt sich auch eine Ferndiagnose des jeweiligen Kamerazuges durchführen.

„M II - Die Antwort“ nannte PANASONIC das **M-II-Verfahren**, das mit einer 1/2-Zoll-Kassette auskommt. Ziel dieses Verfahrens soll es sein, das 1-Zoll-MAZ-Verfahren zu verdrängen bzw. abzulösen. Die technischen Daten sprechen dafür. 90 Minuten Aufzeichnungszeit, 5 MHz Auflösung, 2 analoge Tonspuren und 2 hochqualifizierte FM-Tonspuren sowie ein Controltrack; Zeitlupenwiedergabe im Geschwindigkeitsbereich von -1 bis +3.

Die Studiomaschine sieht im Prinzip aus wie eine SONY BVW 40 und hat auch etwa dieselben Abmessungen. Sie hat einen eingebauten Timebase-Corrector und Dropout-Kompensator. Es gibt eine Studiomaschine, einen Fieldrecorder/Player und einen Kamerarecorder. Zusammen mit einem Schnittgerät und einem Timebase-Corrector lassen sich alle möglichen Aufzeichnungs-, Wiedergabe- und Schnittkonfigurationen damit herstellen. Ein Slow-Motion-Controller soll noch folgen.

Bei einer weiteren Version soll der Bandumschlingungswinkel so geändert werden, daß zusätzlich mit den Videoköpfen zwei PCM-Tonspuren aufgebracht werden können. Dann muß aber eine Longitudinalspur weggelassen werden. In dieser zukünftigen Version werden also 1 Longitudinalspur, 2 FM-Spuren und 2 PCM-Spuren für den Ton sowie ein Controltrack vorhanden sein. Die Aufzeichnung erfolgt in einem zeitkomprimierten Chroma-Multiplexverfahren, ähnlich wie es in der Sony-Beta-Technik geschieht. Hier wird aber den Komponenten R-Y und B-Y vor der Komprimierung ein spezieller Burst von 2,4 MHz zugesetzt. Damit werden später Zeitfehler-, Phasen- und Pegeldifferenzen ausgeregelt. In der NTSC-Ausführung werden 4,5 MHz -3 dB bei 49 dB S/N im Luminanzsignal und 1,5 MHz bei 50 dB im Chrominanzsignal erreicht. Alle anderen Werte sollen den 1-Zoll-Maschinen nicht nachstehen.

Die Kopftrommel hat 10 Köpfe, je 2 für Aufnahme und Wiedergabe des Luminanzsignals, 2 für das Chrominanzsignal, 2 für die Steuerspur für Tracking und Standbild und 2 Löschköpfe für Luminanz und Chrominanz zum Anschneiden. Der Zeitcode wird longitudinal und zusätzlich in der vertikalen Austastung auf das Band gebracht, damit ist eine genaue Zeitcodewiedergabe auch bei Zeitlupe und im Standbild möglich.

Der Kamerarecorder hat die Möglichkeit, das Band zurückzuspulen und gestattet eine Schwarzweißwiedergabe im Kamerasucher. Wenn von den Chromaspuren keine Information kommt (Farbprobleme), leuchtet eine LED auf und einige Balken werden in den Sucher eingeblendet.

Das M-II-Format wird erst zur IBC in PAL zur Verfügung stehen. Eine Auslieferung von M-II-Maschinen wird nicht vor Ende 1988 geschehen können. Als Preis wurden für die Studiomaschine ca. 31 000 US-Dollar ge-

nannt. Eine Kassettenmaschine mit 96 Kassetten und 4 Playern ist als Prototyp vorgestellt worden. Die M-II-Geräte wurden vorgeführt und technisch erklärt. Die Bild- und Tonqualität machte einen hervorragenden Eindruck.

Die Maschinen sind aber, so meine ich, noch nicht fertig entwickelt. Dies ist besonders daran zu sehen, daß durch die beiden verschiedenen Kopfschlingungswinkel (für PCM und ohne) praktisch zwei verschiedene Formate vorhanden sind. Es ist sicher, daß dieses Verfahren in der Zukunft noch viel von sich reden machen wird. Das wird dadurch deutlich, daß die NBC für die Olympischen Spiele in Seoul 125 Maschinen dieses Typs einsetzen will. Andere Pressemitteilungen sagen, daß die NBC für 50 Millionen US-Dollar diese Maschinen kaufen wird. Unterstrichen wird dies, wenn man weiß, daß die NBC maßgeblich an der Entwicklung des Verfahrens mitgewirkt hat. Außer der NBC wird die NHK in Japan dieses Format benutzen. Man wird abwarten müssen, was SONY auf diese Herausforderung zu bieten hat.

Von der optischen Bildplatte war nichts Neues zu sehen. Die Entwicklung scheint im Moment etwas auf der Stelle zu treten. Der schon vor einem Jahr vorgestellte **Recorder/Player TQ 2025 F** von PANASONIC ist immer noch nicht in PAL erhältlich. Weitere Fortschritte sind nicht vor 1988 zu erwarten.

GRASS VALLEY demonstrierte seinen neuen **DVE**, Kaleidoskop genannt. Dieser DVE kann bis zum 5-Kanal-Gerät ausgebaut werden. Die Bedienung läßt sich in den 300er Mischer integrieren oder über ein eigenständiges Pult vornehmen. Es fiel die sinnvolle Bedienanordnung auf, die hervorragende Bildqualität und eine ungekannte Fülle von Trickmöglichkeiten. Der DVE läßt sich mit dem E-MEM des GRASS-VALLEY-Mischpultes koppeln, so daß eine einfache Bedienung ermöglicht wird. Diese Ankopplung läßt sich bisher bei keinem anderen DVE vornehmen.

Die Firma ABEKAS bietet einen **digitalen Disk-Recorder A 64** an. Das Gerät kann, mit 2 Laufwerken (Winchester Disk) ausgestattet, bis zu 100 s speichern. Die Aufzeichnung geschieht im digitalen 4:2:2-Komponentenstandard. Die Videobandbreite geht bis 5,5 MHz, so daß das Gerät sehr gut als Standbildspeicher für Grafikanimation zu verwenden ist. Digitale Ausgänge und RS-422-Schnittstelle erlauben, das Gerät mit anderen digitalen Geräten zusammenzuschalten. Es kostet ca. 90 000 £.

Weiterhin war ein **2-Kanal-DVE A 53-D** zu sehen. Das Gerät hält aber dem Vergleich mit größeren Geräten nicht stand, die Trickmöglichkeiten sind zu gering. Kosten ca. 100 000 US-Dollar.

2. HDTV

In einem extra Raum konnte man die Entwicklungen für das HDTV-Fernsehen besichtigen. Die meisten Entwicklungen kamen von SONY. Es waren aber auch **Kameras** von BOSCH und IKEGAMI zu sehen. 3 MAZ-Maschinen mit Schnittsteuergerät und Slow-Motion-Controller sowie ein Mischer wurden von SONY ausgestellt. Auch GRASS VALLEY zeigte einen **HDTV-Mischer**. Ein **Framestore** und ein **HDTV Optical Displayer** von SONY waren als Labormuster zu sehen. Die Disk-Platte hatte eine Laufzeit von ca. 10 Minuten. QUANTEL zeigte eine **HDTV-Paintbox**. Von anderen Firmen waren **Routing-Switcher** und **Grafiksysteme** zu sehen. Eine große Anzahl verschiedener Firmen brachte **HDTV-Monitore** und **Projektoren**. RANK CINTEL zeigte ihren **HDTV-Flyingspot-Filmabtaster**.

Von NHK war das **Muse-Verfahren** zu sehen mit einer **Reduktion** der Bandbreite auf ca. 8,1 MHz. Dieses Bild könnte von terrestrischen Sendern abgestrahlt werden. Man sieht, daß diese Entwicklungen noch nicht ab-

geschlossen sind, zumal noch kein einheitlicher Weltstandard gefunden werden konnte. Die Vorführungen fanden im 1125/60-Standard statt.

3. Am Rande gesehen

IKEGAMI zeigte eine Farb-Kleinstkamera, die in einem Helm eingebaut ist. Am Helm ist gleichzeitig eine Antenne angebaut, die Bild- und Tonsignal im 5-GHz-Bereich abstrahlt. Der Sender wird mit dem Batteriepack am Gürtel getragen. HITACHI benutzt noch die 8-mm-Kassette für die ENG-Technik. Die CBS hat 47 Kameras des Typs SK-970 „Computacam“ gekauft für die Außenübertragung.

NEC zeigte ein **digitales Videosystem DFP 840** für Übertragungen über eine Telefonleitung. Farbbildsignale von Kameras oder anderen Videogeräten werden hierbei über einen Konverter mit mehreren FS-Bildspeichern auf die Tonleitung (Telefon) gegeben. Die Übertragung eines Bildes dauert mehrere Sekunden. Der Empfänger liest die Impulse in seinen Speicher ein und bestätigt den Empfang. Ist alles richtig angekommen, geht die langsame Übertragung weiter. Das System kostet ca. 30 000 US-Dollar und scheint mir für Korrespondenten im fernen Ausland (China, Indien etc.) äußerst interessant zu sein, da man schnell mit Hilfe von Telefonleitungen Farbfernsehbilder übertragen kann.

4. Meßtechnik

Die Firma SONY zeigte ein interaktives Diagnoseverfahren zur Fehlersuche an sehr komplexen Anlagen.

Das System besteht aus einem Rechner mit Floppy-disk, auf der ein spezielles Programm steht (im Moment ist der Rechner ein BBC-Computer) und einem optischen Disk-Videoplayer. Auf einem Bildschirm wird das Diagnoseprogramm eingeblendet und am unteren Rand einige Felder, die man – um in das Programm zu gelangen – mit dem Finger berühren muß. Durch das Berühren der Felder auf diesem Touch-screen-Bildschirm werden entweder der nächste Programmschnitt ausgelöst oder (Taste „Help“) Fehlerhinweise gegeben. Durch die Bildplatte werden genaue Abbildungen der einzelnen Platinen und deren Bauteile sowie die Abgleich- oder Testpunkte dargestellt. Gleichzeitig schaltet sich durch ein spezielles Interface ein 2-Strahl-Oszilloskop auf die richtigen Pegel- und Ablenkwerte. Auf dem einen Weg des Oszilloskop sieht man dann, wie das Signal auszu-sehen hat, auf dem anderen, was gemessen wird.

In dem System steckt also sozusagen das ganze Wissen der Firma über das spezielle Gerät. Mit Hilfe des Computers kann man über den Bildschirm und durch das Berühren der eingeblendeten Felder mit dem System kommunizieren. Eine interessante Möglichkeit für die Wartung hochkomplexer Anlagen.

5. Genormte RS-422-Schnittstelle

Über den RS-422-Datenbus wurde die Steuerung verschiedener Geräte unterschiedlicher Hersteller demonstriert. Drei Schnittsteuergeräte von BOSCH, SONY und eine IRT-Entwicklung (Flexipanel) waren über einen Buscontroller der BBC bzw. der Firma DYN AIR mit einer MAZ-Maschine von SONY (BVH 2000) und von AMPEX (VPR 3) verbunden. Über die Buscontroller konnten nun die einzelnen Schnittsteuergeräte den MAZ-Maschinen zugeordnet werden. Es konnte eindrucksvoll gezeigt werden, daß die Geräte mit eingebauter RS-422-Schnittstelle über den Datenbus, den ihnen der Controller zugeordnet hatte, gesteuert werden konnten. Dieser nach SMPTE und EBU genormte Datenbus soll künftig kurz EBus heißen.

Gerd Grunwald
Norddeutscher Rundfunk, Hamburg

DIE 38. JAHRESTAGUNG DER TECHNISCHEN KOMMISSION DER UER

MONTREUX, 28. APRIL BIS 2. MAI 1986

1. Einleitung

Die 38. Jahrestagung der Technischen Kommission der UER fand auf Einladung des Schweizerischen Rundfunks SRG/SSR und der Schweizer PTT in der Zeit vom 28. April bis 2. Mai 1986 in Montreux statt. Zuvor hatte sich am 26. und 27. April der Vorstand (das „Bureau“) der Technischen Kommission getroffen, um wichtige Sachfragen zu klären und die Schwerpunkte der Tagesordnung festzulegen.

Mehr als 110 Personen waren an den Genfer See gekommen, neben Mitarbeitern von Vollmitgliedern der UER auch solche von assoziierten Mitgliedern aus Australien, dem Iran, Japan, Kanada, Korea und den USA. Auch andere internationale Organisationen wie ATSC, CCIR, CISPR, ESA, ETSA, IEC und ISO waren vertreten, ebenso andere Rundfunkunionen wie NANBA und OIRT. Die ARD hatte die Herren W. Krank (SWF), G. Lahann (NDR) und D. Schwarze (SDR) entsandt, das ZDF die Herren K. Schneider und A. Ziemer. Als gemeinsame Vertreter von ARD und ZDF nahmen die Herren Ch. Dosch, U. Messerschmid, G. Petke, P. Wolf (sämtlich IRT) sowie H. Springer (SRT) an der Tagung teil. Die Deutsche Bundespost war durch die Herren H. Krath (BPM) und O. Seidelmann (FTZ) vertreten.

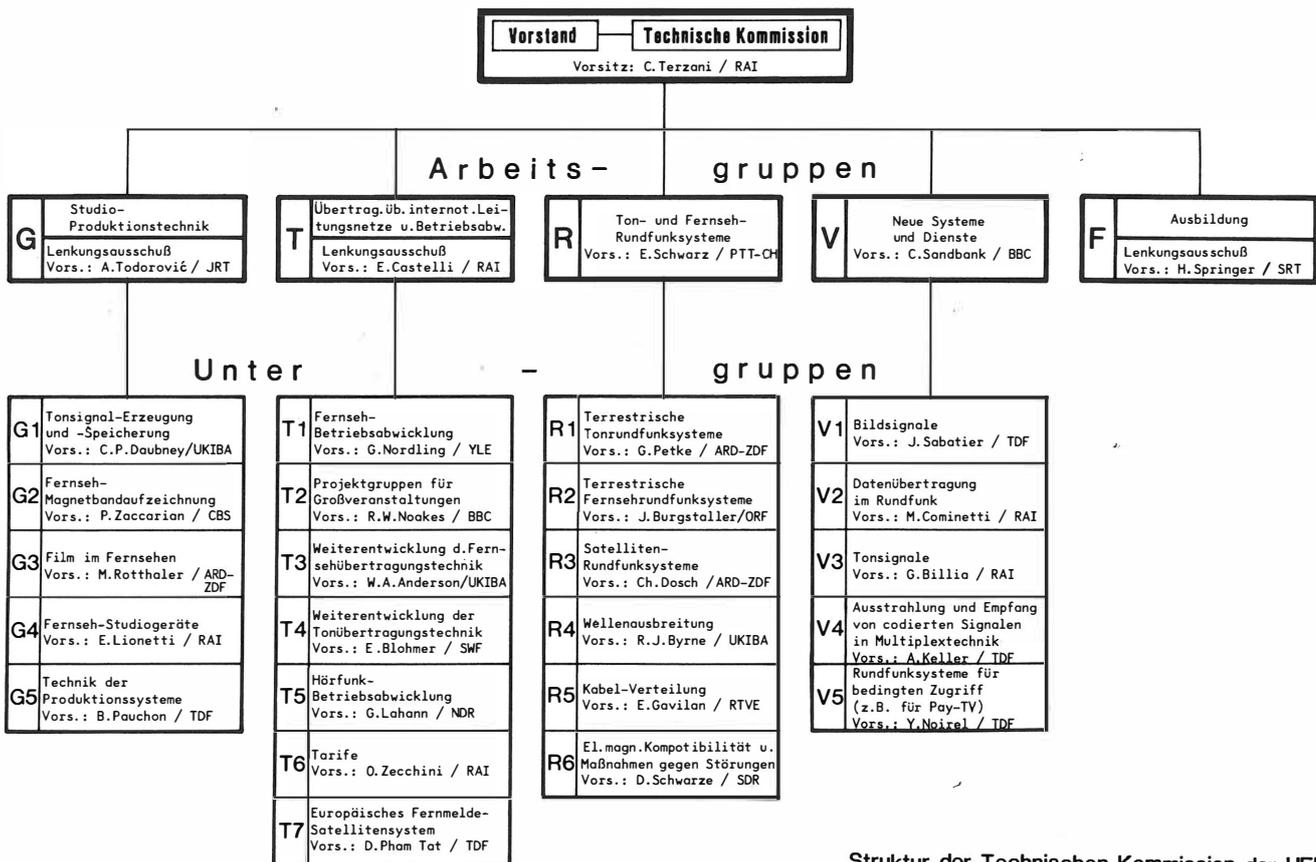
Das beherrschende Thema der diesjährigen Tagung war zweifellos die Frage der Festlegung einer Norm für hochauflösendes Fernsehen (HDTV) im Studiobereich (HDTV-Produktionsnorm). Dazu siehe Abschnitt 2.1.

2. Wichtige Arbeitsergebnisse

Die Technische Kommission der UER ist für sämtliche Gebiete der Technik von Hörfunk und Fernsehen zuständig. Zur Bewältigung der zahlreichen Aufgaben gibt es vier große Arbeitsgruppen:

- Arbeitsgruppe G: Studioproduktionstechnik
- Arbeitsgruppe T: Übertragungstechnik und Abwicklung des Übertragungsbetriebes
- Arbeitsgruppe R: Ton- und Fernseh Rundfunksysteme
- Arbeitsgruppe V: Neue Systeme und Dienste.

Dazu kommt die Arbeitsgruppe F, die sich mit Fragen der Ausbildung sowie der Fort- und Weiterbildung befaßt. Jede der Arbeitsgruppen G, T, R und V hat zahlreiche Untergruppen gebildet, die ihrerseits zur Bearbeitung spezieller Aufgaben wiederum Spezialisten- und Ad-hoc-Gruppen ins Leben gerufen haben. Die Grafik auf dieser Seite des Berichtes gibt einen Überblick über die Arbeitsgruppen und deren Untergruppen. Zu erwähnen ist, daß H. Springer (SRT) den Vorsitz der Arbeitsgruppe F übernommen hat. Der besseren Übersicht wegen mußten in dem Organisationsschema die Spezialisten- und Ad-hoc-Gruppen weggelassen werden. Es sei aber betont, daß oftmals gerade in diesen kleineren Gruppen von Experten die grundlegende Arbeit geleistet wird, die dann zum Beispiel zu Vorschlägen für eine HDTV-Produktionsnorm oder zur Festlegung von neuen Systemen wie etwa dem Satellitenübertragungs-



Struktur der Technischen Kommission der UER (Stand Mai 1986)

verfahren MAC/Paket, dem Radio-Daten-System (RDS) oder dem Fernsteuersystem für Studiogeräte (ESbus) führen.

Die Aktivitäten der Technischen Kommission der UER sind so umfangreich geworden, daß es unmöglich ist, im Rahmen eines derartigen Berichtes sämtliche Arbeitsergebnisse mitzuteilen. Es soll an dieser Stelle nur über Wichtiges berichtet werden.

2.1. HDTV-Produktionsnorm

Bereits während der vorhergehenden Jahrestagung im April 1985 in Sevilla zeichnete sich ab, daß es für die UER nicht einfach werden würde, eine HDTV-Produktionsnorm vorzuschlagen, die von allen Mitgliedsorganisationen unterstützt wird [1]. Dieser Eindruck verstärkte sich bei der Herbsttagung des Vorstandes der Technischen Kommission der UER im September 1985, als die unterschiedlichen Meinungen über die zweckmäßigste HDTV-Produktionsnorm hart aufeinanderprallten.

Unter dem Begriff „Hochauflösendes Fernsehen“ (HDTV) sind Fernsehsysteme zu verstehen, die mit einer deutlich höheren Zeilenzahl als heute üblich (625 bzw. 525 Zeilen) arbeiten. So hat bereits vor einigen Jahren die japanische Rundfunkorganisation NHK einen HDTV-Standard vorgeschlagen, der durch folgende Parameter gekennzeichnet ist:

- Zeilenzahl 1125, Zahl der aktiven Zeilen 1035
- Bildabtastung nach dem Zeilensprungverfahren
- Halbbildwechselfrequenz 60 Hz
- Bildseitenverhältnis 16 : 9 (= 5,33 : 3).

Seit längerem ist auch bekannt, daß neben Japan insbesondere die USA den HDTV-Standard der NHK favorisieren. Firmen der japanischen, aber auch der amerikanischen und europäischen Industrie bieten bereits eine Anzahl von HDTV-Studiogeräten an, die nach diesem Standard arbeiten (Kameras, Filmabtaster, Mischer, Magnetaufzeichnungsanlagen, Monitore, Großbildwiedergabegeräte).

Die internationale Diskussion

Bei der internationalen Diskussion um einen einheitlichen HDTV-Standard war man davon ausgegangen, daß zunächst eine HDTV-Norm für den Bereich des Fernsehstudios festgelegt werden soll (Produktionsnorm). So hatte die CCIR-Studienkommission 11 (Fernsehrundfunk) bei ihrer Schlußtagung (Studienperiode 1982-86) im Herbst 1985 in Genf unter maßgeblicher Mitarbeit der UER-Spezialistengruppe V1/HDTV (Vorsitz: W. Habermann/IRT) einen Vorschlag für einen HDTV-Studiostandard ausgearbeitet, der im wesentlichen auf der NHK-Norm basiert. Allerdings hatten bereits in Genf einige Länder - auch europäische - Vorbehalte gegen diesen Normvorschlag angemeldet.

Da Mitte Mai 1986 die Vollversammlung („Plenary Assembly“) des CCIR über diesen HDTV-Normvorschlag endgültig Beschluß fassen sollte, drängte die Zeit, um innerhalb der UER zu einer einheitlichen Meinung zu gelangen. Da außerdem CCIR-Vollversammlungen nur alle 4 Jahre stattfinden, kann eine HDTV-Norm - wenn nicht 1986 - erst wieder im Jahre 1990 endgültig vom CCIR verabschiedet werden.

Bei dem Vorschlag für eine HDTV-Produktionsnorm ist insbesondere die Halbbildwechselfrequenz von 60 Hz umstritten. Für die japanische NHK war es nahezu selbstverständlich, von einer Wechselfrequenz von 60 Hz auszugehen, da auch deren gegenwärtiger 525-Zeilen-NTSC-Standard mit 60 Hz arbeitet und 60 Hz Vorteile bei der Bewegungswiedergabe und beim Großflächenflimmern der Bildwiedergabe bieten. Das gleiche gilt für die USA. Anders liegen die Verhältnisse in Europa. Der hier über-

all verwendete 625-Zeilen-Standard (PAL oder SECAM) arbeitet mit einer Halbbildwechselfrequenz von 50 Hz.

Während die Verfechter eines 60-Hz-Standards, wie bereits erwähnt, insbesondere die gegenüber 50 Hz deutlich verbesserte Flimmerfreiheit und Bewegungswiedergabe („motion portrayal“) ins Feld führen, weisen deren Gegner besonders auf die Probleme bei der Normwandlung von HDTV/60 Hz nach 625 Zeilen/50 Hz hin. Diese Normwandlung wird immer dann erforderlich sein, wenn HDTV-Produktionen über ein vorhandenes 625-Zeilen-System (PAL, SECAM oder in Zukunft auch MAC) zu den Zuschauern übertragen werden sollen. Das wird noch über einen langen Zeitraum der Fall sein. Allerdings konnten sich die Teilnehmer an der Tagung in Montreux im Rahmen von Vorführungen persönlich davon überzeugen, daß die Normwandlung von HDTV/60 Hz nach 625 Zeilen/50 Hz hinsichtlich der Bildqualität und besonders mit Blick auf die Bewegungswiedergabe kaum noch Wünsche offenläßt. Diese Vorführungen waren von der UER-Spezialistengruppe V1/HDTV unter Mitwirkung von NHK, CCETT, RAI und IRT organisiert worden.

Unterschiedliche Meinungen auch innerhalb der Technischen Kommission der UER

Die Gegner einer 60-Hz-HDTV-Produktionsnorm - es waren dies die Vertreter der französischen OFRT, der britischen IBA und auch der niederländische NOS - ließen sich jedoch nicht überzeugen und erklärten, daß der durch die Normwandlung hervorgerufene Qualitätsverlust nicht akzeptiert werden könne. Außerdem könne man eine HDTV-Produktionsnorm nicht isoliert betrachten. Vielmehr müßten bereits bei der Verabschiedung einer HDTV-Produktionsnorm Strategien entwickelt worden sein, in welcher Weise HDTV-Signale zu den Heimempfängern übertragen werden könnten. Dies sei aber bisher nicht der Fall. Diesem Argument schlossen sich auch die Vertreter der Deutschen Bundespost an.

Demgegenüber machten die Befürworter einer 60-Hz-HDTV-Produktionsnorm - es waren dies neben den Vertretern von ARD und ZDF die Vertreter der italienischen RAI, der spanischen RTVE, der portugiesischen RTP, der griechischen ERT, der irischen RTE und des österreichischen ORF - geltend, daß die Qualität der Normwandlung durchaus zufriedenstellend sei. Darüber hinaus sei es unabdingbar, daß eine weltweit einheitliche HDTV-Produktionsnorm existiert. Nur so kann gewährleistet werden, daß ein internationaler Programmaustausch von HDTV-Produktionen ohne jeglichen Qualitätsverlust möglich ist. Eine weltweit einheitliche HDTV-Produktionsnorm sei aber nur als 60-Hz-Norm durchsetzbar. Weiterhin sei mit dem japanischen MUSE-System bewiesen worden, daß eine Übertragung von HDTV-Signalen zu den Heimempfängern in einem Satellitenkanal möglich ist, der den Festlegungen der Planungskonferenz für Rundfunksatelliten aus dem Jahre 1977 (WARC 77) entspricht.

Während also die Befürworter der Festlegung einer HDTV-Produktionsnorm für die 60-Hz-Norm plädierten, sprachen sich deren Gegner dafür aus, mit der Festbeschreibung einer Norm noch zu warten, bis weitere Forschungsergebnisse vorliegen. Dazu ist anzumerken, daß auch die Befürworter der zur Diskussion stehenden HDTV-Produktionsnorm einräumen, daß diese unter Umständen noch verbesserungsfähig sei. Das gilt besonders mit Blick auf die Bildabtastung nach dem Zeilensprungverfahren. Viele Fachleute sind der Meinung, daß eine Abtastung ohne Zeilensprung (progressive Abtastung) auf lange Sicht gesehen Vorteile bieten könne. Kurzfristig allerdings erscheinen solche Systeme als unrealistisch (zu teuer, zu hoher Lichtbedarf bei der Aufnahme, Ma-

gnetbandaufzeichnung mit heutiger Technologie nicht realisierbar).

Nach zähem Ringen und nicht zuletzt durch die taktisch geschickte Vorgehensweise des Vorsitzenden der Technischen Kommission der UER, C. Terzani (RAI), gelang schließlich die Formulierung eines „EBU Statement on HDTV“, das als Kompromiß von sämtlichen UER-Mitgliedsorganisationen akzeptiert wurde. Lediglich die Vertreter der französischen OFRT enthielten sich der Stimme.

In diesem Papier, das der CCIR-Vollversammlung zugeleitet wurde, bekräftigt die UER ihren Standpunkt, daß sie das Ziel verfolgt, einen einzigen weltweit einheitlichen HDTV-Produktionsstandard einzuführen und daß sie die vom CCIR vorgeschlagenen Parameter für eine HDTV-Produktionsnorm (1125 Zeilen/60 Hz) „als einen möglichen Weg zur Erreichung dieses Ziels“ unterstützt. Gleichzeitig wird betont, daß der HDTV-Produktionsstandard die Parameter nicht präjudizieren dürfe, die später für einen HDTV-Ausstrahlungsstandard festgelegt werden sollen.

Anmerkung: Die Vollversammlung des CCIR hat Ende Mai 1986 beschlossen, zum gegenwärtigen Zeitpunkt noch keine Empfehlung für einen HDTV-Produktionsstandard auszusprechen. Dies könnte nunmehr frühestens im Herbst 1988 geschehen. Zu diesem Termin ist eine außerordentliche Tagung der CCIR-Studienkommission 11 geplant.

2.2. Spezifikation der MAC/Paket-Familie

Auf der Jahrestagung 1985 war es der Technischen Kommission der UER nach langwierigen Verhandlungen gelungen, eine Spezifikation der sogenannten MAC/Paket-Familie zu verabschieden [1]. Dabei handelt es sich um den Standard für die Übertragung von Fernsehprogrammsignalen (Bild, Ton und Zusatzdaten) über die zukünftigen Rundfunksatelliten, der tatsächlich aus den Normen (den sog. „Familienmitgliedern“) C-, D- und D2-MAC/Paket besteht. Bekanntlich haben sich Frankreich und die Bundesrepublik Deutschland für die Anwendung der D2-MAC-Norm entschieden. Da der Start des deutschen und des französischen Rundfunksatelliten (TV-SAT bzw. TDF 1) bereits für dieses Jahr geplant war, hatten deutsche und französische Experten im Herbst vergangenen Jahres eine umfassende D2-MAC/Paket-Spezifikation ausgearbeitet, die nicht in sämtlichen Details mit der UER-Spezifikation identisch war und die in einigen Punkten über die UER-Spezifikation hinausging. Dies betraf insbesondere die sogenannten „Rules of operation“ der deutsch/französischen Spezifikation, in denen festgelegt ist, welche der vielen Möglichkeiten, die die D2-MAC-Norm insbesondere auf dem Gebiet der Ton- und Zusatzdatenübertragung bietet, in den ersten Jahren eines Fernsehprogrammdienstes über Rundfunksatelliten tatsächlich genutzt werden sollen. Diese Festlegungen haben unmittelbare Rückwirkungen auf die Entwicklung der ersten D2-MAC-Satellitenempfänger und sollten diese erleichtern.

Aufgabe einer UER-Expertengruppe war es, Anfang dieses Jahres die UER-Spezifikation (C-, D- und D2-MAC) und die deutsch/französische D2-MAC-Spezifikation zu harmonisieren. Dies war die Voraussetzung, damit eine von sämtlichen UER-Mitgliedern akzeptierte MAC/Paket-Spezifikation an eine CCIR-Interim-Arbeitsgruppe (10-11/3) weitergeleitet werden konnte. Diese CCIR-Arbeitsgruppe hatte wiederum die Aufgabe, bis zur CCIR-Vollversammlung im Mai 1986 eine CCIR-Publikation vorzubereiten, in der sämtliche bekannten Standards für einen Fernsehprogrammdienst über Rundfunksatelliten – u. a. auch der MAC/Paket-Standard – spezifiziert sind.

Die Arbeit der erwähnten UER-Expertengruppe war weitgehend erfolgreich. Nur über die Einbeziehung der deutsch/französischen „Rules of operation“ konnte sich die Gruppe nicht einigen. Auf Vorschlag des Vorstandes der Technischen Kommission der UER löste man das Problem dadurch, daß die umfangreiche Spezifikation (über 260 Seiten) um einen Abschnitt „Choices of facilities“ erweitert wurde. Darin werden die Organisationen, die einen Fernsehprogrammdienst über Rundfunksatelliten beginnen wollen, aufgefordert kundzutun, welche der mannigfaltigen Möglichkeiten der MAC/Paket-Familie sie zu nutzen gedenken. Gleichzeitig wird mitgeteilt, daß Frankreich und die Bundesrepublik Deutschland ihre diesbezüglichen Absichten in den bereits erwähnten „Rules of operation“ beschrieben haben. Damit konnte eine harmonisierte „Spezifikation der Systeme der MAC/Paket-Familie“ (C-, D- und D2-MAC/Paket) an die CCIR-Interim-Arbeitsgruppe 10-11/3 weitergeleitet werden.

Die Technische Kommission der UER beschloß außerdem, diese endgültige Spezifikation in Form einer Publikation der Doc.-Tech.-Serie zu veröffentlichen (Tech. 3258).

Zum Schluß der Aussprache über die MAC/Paket-Norm bedauerte es der Vorsitzende der Technischen Kommission der UER, daß die erste Generation von MAC/Paket-Satellitenempfängern nicht sämtliche Möglichkeiten der MAC/Paket-Norm ausschöpfen werde.

Es sei angemerkt, daß diese Tatsache beispielsweise zu großen Problemen beim Empfang des pan-europäischen Fernsehprogramms „Europa-TV“ in der Bundesrepublik Deutschland und in Frankreich führen würde, wenn das Europa-TV-Programm über den „Olympus“-Satelliten der ESA (Start im Herbst 1987 geplant) wie zunächst noch vorgesehen nach der C-MAC/Paket-Norm ausgestrahlt werden sollte. Diese Norm können die ersten für die Bundesrepublik Deutschland und Frankreich vorgesehenen Satellitenempfänger nämlich nicht decodieren, da sie nur für den Empfang von D2-MAC/Paket ausgelegt sein werden.

In diesem Zusammenhang erscheint eine in Montreux diskutierte Ankündigung der Firma Philips in Eindhoven bemerkenswert, die besagt, daß Philips beabsichtigt, Mitte 1987 mit der Produktion von universellen C-D-D2-MAC-Empfängern zu beginnen.

2.3. Studioproduktionstechnik (Arbeitsgruppe G)

Unter dem seit 1985 amtierenden Vorsitzenden A. Todorović, Mitarbeiter des jugoslawischen Rundfunks JRT, hat die Arbeitsgruppe G ein beachtliches Arbeitspensum bewältigt. Aus der Fülle ihrer Arbeit, die ein möglichst hohes Maß an Vereinheitlichung für Studioausrüstung und Studiogeräte zumindest im europäischen Bereich zum Ziel hat, kann an dieser Stelle nur stichwortartig berichtet werden.

Folgende offizielle technische Texte wurden von der Arbeitsgruppe G erarbeitet und von der Technischen Kommission der UER verabschiedet:

- Bevorzugte Video-Kassettenformate zu Ansichtszwecken beim internationalen Programmaustausch
Diese revidierte UER-Empfehlung besagt, daß zu Ansichtszwecken (Programmbeurteilung) weiterhin vorzugsweise das U-matic-Format verwendet werden soll. Allerdings ist nunmehr auch das VHS-Format zugelassen, wenn dies zuvor unter den Beteiligten abgesprochen wurde.
- Fernsteuersystem für Studioanlagen
In einer UER-Empfehlung, einer Verlautbarung (Statement) und in einer Pressemitteilung wird auf das unter maßgeblicher Mitarbeit des IRT von UER (Spezia-

listengruppe G/RC) und SMPTE gemeinsam spezifizierte Fernsteuersystem hingewiesen, das im UER-Dokument Tech. 3245 beschrieben ist. In zwei Testreihen, die in Europa (im IRT) und in den USA (bei der Fa. Ampex) durchgeführt wurden, konnte der Nachweis erbracht werden, daß mit Hilfe des nunmehr EBus (EBU und SMPTE-Bus) genannten Fernsteuersystems ein Zusammenspiel von Studiogeräten der verschiedensten Hersteller problemlos möglich ist.

- Digitale Videomagnetbandaufzeichnung
Dieser UER-Standard bezieht sich auf das UER-Dokument Tech. 3252. Darin ist die gemeinsam von UER (Spezialistengruppe G2-V1/MAGNUM) und SMPTE erarbeitete Spezifikation für die digitale Videomagnetbandaufzeichnung in Komponentenform niedergelegt. Dieses sogenannte D1-Format ist inzwischen auch in einer CCIR-Empfehlung standardisiert worden. Erste Geräte sind bereits auf dem Markt erschienen.
- Zeit- und Kontrollcodes für Videomagnetbandaufzeichnung
Dieser UER-Standard bezieht sich auf das überarbeitete Dokument Tech. 3097, das die entsprechenden detaillierten Spezifikationen enthält.
- Meßverfahren für die Eigenschaften von Fernsehkameras
Diese überarbeitete UER-Empfehlung R 31 bezieht sich auf die UER-Dokumente Tech. 3238 und Tech. 3237, Supplement 1, in denen die entsprechenden Meßverfahren beschrieben sind.
- Messungen an Objektiven für Film- und Fernsehkameras
Diese UER-Empfehlung bezieht sich auf ein demnächst erscheinendes UER-Dokument der Tech.-Serie, in dem die entsprechenden Messungen beschrieben sind.
- Diagnose und Beseitigung von Fehlern in Digitalgeräten (UER-Empfehlung, Verlautbarung und Technische Information)
Diese Publikationen sind sowohl für die Betreiber als auch für die Hersteller von Studiogeräten gedacht, in denen Mikroprozessoren eingebaut sind. Es wird empfohlen, zur Fehlerdiagnose den „Micro Trouble Shooter“ der Fa. Fluke zu verwenden.
- Zulässiger Zeitversatz zwischen Bild und Ton bei einem Fernsehprogrammsignal
Er beträgt für den Ton + 40 ms bis - 60 ms bezogen auf das Bild. (UER-Empfehlung und Verlautbarung)
- Anordnung der Tonspuren auf analogen Videomagnetbandaufzeichnungsgeräten (UER-Empfehlung)
- Kompanierungstechniken für den Ton bei Videomagnetbandaufzeichnungen (UER-Empfehlung)
- Anforderungen der UER-Mitgliedsorganisationen an digitale Audiorecorder mit Longitudinalaufzeichnung auf 6,3-mm-Magnetband in Spulentechnik (UER-Verlautbarung)
- Unzulässig hohe Kopiereffekte bei professionellen analogen Magnettonbändern (UER-Verlautbarung).

Neben den bereits erwähnten UER-Publikationen, die in der Dok.-Tech.-Serie erschienen sind bzw. erscheinen werden, wurden in der Arbeitsgruppe G (Untergruppe G3) außerdem zwei bereits existierende Technische Dokumente überarbeitet:

- Tech. 3087: Characteristics of colour film for television (3. Auflage, 1986)
- Tech. 3218: Colour television film-scanners (3. Auflage, 1986).

Sämtliche erwähnten technischen Publikationen können über die Technische Zentrale der UER in Brüssel bezogen werden.

Bei einigen UER-Mitgliedsorganisationen ist eine gewisse Verunsicherung durch die Ankündigung der Fa. Ampex entstanden, eine **digitale Multikassetten-Videoaufzeichnungsanlage** auf den Markt zu bringen, bei der das Videosignal nicht nach dem international empfohlenen digitalen 4:2:2-Komponentenstandard (D1-Format), sondern in geschlossener Form – also als NTSC- oder PAL-Signal – aufgezeichnet werden soll („composite coding“ anstelle von „component coding“). Wie zu erfahren war, hat die Fa. Ampex diese Anlage auf Anregung einiger Rundfunkorganisationen entwickelt, die ihre bisherigen analogen Multikassettenanlagen, die vornehmlich zum Abspielen von Werbespots eingesetzt werden, ersetzen müssen. Diese Organisationen wollen auf die Vorteile der digitalen Aufzeichnungstechnik – insbesondere kein Qualitätsverlust bei Mehrfachkopien – nicht verzichten, scheuen aber die Mehrkosten von digitalen Aufzeichnungsanlagen in Komponententechnik. Aus diesem Grunde war innerhalb der Technischen Kommission der UER keine generelle Ablehnung von derartigen Geräteentwicklungen zu erreichen.

Bereits auf der Jahrestagung 1985 der Technischen Kommission der UER war deutlich geworden, daß sich der in CCIR-Empfehlung 601 festgelegte digitale Studiostandard, der auf Komponentensignalen (Y, U, V) basiert, und ein entsprechender analoger Studiostandard in gewissen Studiobereichen ergänzen könnten und auf diese Weise merkbare Kosteneinsparungen denkbar wären [1]. Eine von der Technischen Kommission der UER ins Leben gerufene Ad-hoc-Arbeitsgruppe der Untergruppe G5 hat den Auftrag erhalten, ein **analoges Komponentenformat** (Interface) zu spezifizieren, mit dessen Hilfe analoge Komponentensignale im Studiobereich in **serieller** Form über vorhandene Videoschalt- und -verteilereinrichtungen übertragen werden könnten. Bei der amerikanischen SMPTE existiert bereits als Entwurf die Spezifikation für ein derartiges Komponenteninterface, bei deren Erarbeitung man jedoch in mancher Hinsicht von anderen Zielvorstellungen ausgegangen ist. Es soll versucht werden, in enger Zusammenarbeit mit der SMPTE dennoch zu einer Lösung zu gelangen, die zu möglichst einheitlichen Geräten für die Fernsehstandards 625/50 und 525/60 führt.

2.4. Übertragungstechnik und Abwicklung des Übertragungsbetriebes (Arbeitsgruppe T)

Nachdem insgesamt 11 der 14 vorgesehenen Bodenstationen für die Nutzung des **EUTELSAT-Systems** durch die UER in Belgien, in der Bundesrepublik Deutschland, in Frankreich, Großbritannien, Italien, Österreich, Portugal, Schweden, der Schweiz, Spanien und der Türkei in Betrieb sind, konnte das System, das mit zwei Transpondern des Nachrichtensatelliten ECS arbeitet, voll in das Eurovisionsnetz der UER, das bisher nur aus terrestrischen Verbindungen bestand, mit einbezogen werden.

In diesem Zusammenhang sei erwähnt, daß allein im Jahre 1985 die Zahl der Eurovisionsübertragungen gegenüber 1984 um 25 % zugenommen hat. Bezogen auf das Jahr 1980 beträgt die Zunahme 60 %. Dabei haben die unilateralen Übertragungen noch stärker zugenommen, und zwar in den letzten 5 Jahren um mehr als 70 %. Bei insgesamt mehr als 18 000 Übertragungen im Jahr 1985 ergaben sich im Durchschnitt etwa 50 Übertragungen pro Tag. Es kam aber an einzelnen Tagen auch vor, daß mehr als 150 Übertragungen abzuwickeln waren.

Dieses starke Anwachsen der Übertragungsverkehrs soll in Zukunft vom UER-Personal dadurch bewältigt werden, daß die **Planung der Eurovisionsübertragungen**

mit **Computerunterstützung** durchgeführt wird. Die Implementierung des TPP (Transmission Planning Procedure) genannten Systems ist für September 1986 vorgesehen. Die erhebliche Zunahme der Zahl der Übertragungen hat aber auch zur Folge, daß die Kapazität des Eurovisionsnetzes in Zukunft wohl nicht mehr ausreichen wird. Eine Entlastung verspricht man sich, wenn Versuche erfolgreich abgeschlossen werden können, die zum Ziel haben, auf beiden ECS-Transpondern der UER jeweils zwei Fernsehprogrammsignale zu übertragen. Das wird jedoch nicht ohne eine gewisse Verschlechterung der Signalqualität (Störabstand) möglich sein.

Das starke Anwachsen des Eurovisionsübertragungsverkehrs ist aber nur ein Grund von mehreren, die dazu geführt haben, daß sich die UER Gedanken über eine **Umstrukturierung der technischen, finanziellen und organisatorischen Grundlagen der Eurovision** macht. Die weiteren Gründe für diese Überlegungen sind:

- Zunehmende Anzahl neuer Programmanbieter, die zum Teil über erhebliche finanzielle Mittel verfügen. Diese neuen Programmanbieter sind bislang nicht Mitglieder der UER. Ein Teil von ihnen ist in Übereinstimmung mit UER-Mitgliedern tätig, während andere als Konkurrenten auftreten.
- Zunehmende Konkurrenzsituation auch zwischen einzelnen UER-Mitgliedern. Diese Tatsache macht eine kooperative Planung von Eurovisionsübertragungen immer schwieriger.
- Der Mietvertrag für die beiden ECS-Transponder läuft 1994 aus.

Die Technische Kommission der UER zieht aus diesen Sachverhalten die folgenden Schlüsse:

- Mittelfristig – d. h. bis etwa 1994 – wird das Eurovisionsnetz wahrscheinlich seine heutige Struktur beibehalten. Es wird also aus einem terrestrischen Netz und aus Satellitenverbindungen des EUTELSAT-Systems bestehen.
- Längerfristig sollte die UER die Entwicklung eines neuen Satellitensystems ins Auge fassen. Dieses neue System sollte – möglichst in digitaler Technik – ausschließlich Fernsehprogrammsignale verteilen und die Verwendung kleiner Bodenstationen bei den Rundfunkanstalten ermöglichen.
- Trotz verstärkter Nutzung von Satellitensystemen wird man auch in Zukunft aus wirtschaftlichen und betrieblichen Gründen auf terrestrische Verbindungen für die Eurovision nicht vollständig verzichten können.

Die Übertragungen von den Olympischen Winterspielen in Calgary/Kanada und den Sommerspielen in Seoul/Korea im Jahre 1988 erfordern die Nutzung von Satellitenkanälen. Die Vorbereitungen für die Übertragungen sind angelaufen. Auch die technische Ausrüstung der „Operations Group“ der UER muß dafür teilweise erneuert werden. Es handelt sich dabei um Schalteinrichtungen für Bild- und internationale Tonsignale sowie für Kommandarleitungen.

2.5. Ton- und Fernseh Rundfunksysteme (Arbeitsgruppe R)

Die Erarbeitung der technischen Grundlagen von Wellenplanungskonferenzen, die von der Internationalen Fernmeldeunion (ITU) einberufen werden, nehmen bei den Aktivitäten der Arbeitsgruppe R einen breiten Raum ein. Besonders wichtig ist gegenwärtig die Vorbereitung auf den zweiten Teil der **Kurzwellenplanungskonferenz**. Bei dieser Konferenz, die Anfang 1987 in Genf stattfinden wird, sollen die eigentlichen Frequenzuteilungen entsprechend den sogenannten Requirements der Rundfunkanstalten erfolgen. In diesen Requirements ist jeweils ein Senderstandort angegeben, von dem aus zu

bestimmten Zeiten eine Rundfunksendung in ein bestimmtes Empfangsgebiet ausgestrahlt werden soll. Hauptproblem der Konferenz ist die übergroße Zahl der eingereichten Requirements. Von der UER-Spezialistengruppe R/HF (Vorbereitung der Kurzwellenplanungskonferenz) wurde empfohlen, während der Konferenz in Genf ein eigenes Computersystem zu installieren, mit dessen Hilfe eine statistische Analyse der Daten durchgeführt werden könnte, die der IFRB den Konferenzteilnehmern mitteilt. Nach der Konferenz wird es die Aufgabe dieser Spezialistengruppe sein, die Konferenzergebnisse zu analysieren.

Im Jahre 1988 wird der zweite Teil der sogenannten **Orbitplanungskonferenz** stattfinden. Bei dieser Konferenz geht es um Frequenzzuweisungen für Funkdienste über Satelliten. Für den Rundfunk ist es von großer Bedeutung, bei der Konferenz Frequenzzuweisungen zu erhalten

- für einen digitalen Satellitenhörrundfunk im 1-GHz-Bereich,
- für Aufwärtsverbindungen (up-links) für Rundfunksatelliten im 12-GHz-Bereich,
- für einen HDTV-Satellitenrundfunk im 22-GHz-Bereich.

Zur Vorbereitung auf diese Konferenz ist eine Ad-hoc-Arbeitsgruppe ins Leben gerufen worden, die Möglichkeiten der digitalen Modulation für einen Satellitenhörrundfunk im 1-GHz-Bereich untersuchen soll. Außerdem soll eine technische Publikation „Technical characteristics of feeder links to 12-GHz broadcasting satellites (and guidelines for planning) in Region 1“ als Doc. Tech. 3251 herausgegeben werden.

Bereits im September 1986 wird in Nairobi der erste Teil einer **Planungskonferenz für den Fernseh Rundfunk in Afrika** stattfinden. Die dabei zur Anwendung kommenden Planungsparameter und -methoden sind auch für eine zukünftige Neuplanung des Fernseh Rundfunks in Europa von Bedeutung. Besonders aus diesem Grunde hat sich die UER auch hier an den Vorbereitungen beteiligt, und die Spezialistengruppe R2/MEP (Planungsmethoden und Planungselemente für den terrestrischen Fernseh Rundfunk) hat ein technisches Dokument erarbeitet, das den Titel trägt „Planning parameters and methods for terrestrial television broadcasting in the VHF/UHF bands“ und das als Doc. Tech. 3254 rechtzeitig vor der Konferenz in Nairobi erscheinen wird.

Sehr intensiv hat sich die Arbeitsgruppe R auch mit der Festlegung eines europaweit einheitlichen **Radio-Daten-Systems (RDS)** befaßt. Dieses System soll der Übertragung von Zusatzinformationen – wie Programmkenntnis, Senderkenntnis, Verkehrsinformationen usw. – im UKW-Hörrundfunk dienen und ist im Doc. Tech. 3244 spezifiziert. Nachdem die UER im vergangenen Jahr ihren Mitgliedsorganisationen die Nutzung des Radio-Daten-Systems empfohlen hatte (UER-Empfehlung R33-1985) und nachdem die wichtigsten RDS-Parameter in eine CCIR-Empfehlung aufgenommen wurden, stehen jetzt Probleme im Zusammenhang mit der Einführung von RDS im Vordergrund. So geht es zum Beispiel um die Definition einer einheitlichen Schnittstelle zwischen dem eigentlichen RDS-Empfänger und peripheren Geräten wie Displays oder Drucker. Die UER-Spezialistengruppe R1/RDS ist dabei, eine Publikation der Doc.-Tech.-Serie mit dem Titel „Guidelines for the implementation of the RDS system“ auszuarbeiten.

Die Rundfunkanstalten der ARD werden das Radio-Daten-System bei der Internationalen Funkausstellung 1987 in Berlin der breiten Öffentlichkeit vorstellen. Die Einführung des Systems ist bei der ARD ab 1988 vorgesehen, wobei senderspezifische Daten ausgestrahlt werden, die der Abstimmerleichterung sowie der Verkehrs-

funkkennung dienen und damit dem Hörer sowohl beim Heimempfang als auch beim mobilen Empfang verbesserte Möglichkeiten bieten.

Weitere Aktivitäten der Arbeitsgruppe R betreffen die folgenden Themen:

- Verbesserung der Feldstärkevorhersagemethoden mit Hilfe topographischer Datenbanken (Untergruppe R4)
- Übertragung von MAC/Paket-Signalen in existierenden Kabelnetzen (Untergruppe R5)
- Auswirkungen von elektromagnetischer Strahlung auf den menschlichen Körper (Untergruppe R6).

2.6. Neue Systeme und Dienste (Arbeitsgruppe V)

Die Haupttätigkeitsgebiete der Arbeitsgruppe V betrafen die HDTV-Produktionsnorm sowie die endgültige Spezifikation der MAC/Paket-Familie. Dazu siehe die Abschnitte 2.1. und 2.2. dieses Berichtes. Im Zusammenhang mit diesen Haupttätigkeitsgebieten ist zu erwähnen, daß bei zukünftigen HDTV-Produktionen auch dem **Ton** eine besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden muß. Mit diesem Problem befaßt sich die Untergruppe V3. Die Experten sind der Meinung, daß eine gute Lokalisierung der Tonquellen auf dem Bildschirm unabhängig von der Hörposition besonders wichtig ist.

Zur subjektiven Beurteilung der Qualität von Bildübertragungssystemen benutzt man gewöhnlich eine Reihe von Bildvorlagen, die als Testmaterial allgemein anerkannt sind. Dazu gehören zum Beispiel die „EBU test slides“. Auf dem Gebiet der Tonübertragung mangelt es bisher an entsprechendem Testmaterial. Die Untergruppe V3 hat eine Ad-hoc-Gruppe (V3/SQAM - Sound Quality Assessment Material) beauftragt, Testmaterial für die subjektive Beurteilung der Tonqualität neuer digitaler Codierungstechniken und neuer Tonübertragungsverfahren zusammenzustellen. Es ist geplant, das ausgewählte Material auf eine Compact Disc zu überspielen. Den Vorsitz der Ad-hoc-Gruppe hat H. Jakubowski (IRT) übernommen.

Auch auf dem Gebiet der **Datenübertragung** ist die Arbeitsgruppe V aktiv. Dieses Thema fällt im wesentlichen in den Zuständigkeitsbereich der Untergruppe V2. Besonders zu nennen sind die folgenden Aktivitäten:

- Übertragung von Rechnerprogrammen über Rundfunknetze (Telesoftware).
- Schaffung der technischen Voraussetzungen für den Austausch von Fernsehtext-(Teletext-)Seiten zwischen den verschiedenen Fernsehtextdiensten der UER-Mitgliedsorganisationen.
- Übertragung von Fernsehtext im MAC/Paket-Signal. Hier gibt es die Möglichkeit, dies entweder in den Zeilen der Vertikalaustastung des MAC-Bildsignals oder im digitalen Multiplex der Datenpakete zu tun.
- Zeitweise Benutzung eines Fernsehkanals, in dem zu anderen Zeiten MAC/Paket-Signale übertragen werden, zur ausschließlichen Übertragung von Datensignalen („full channel data broadcasting“).

Mit dem letzten Thema befaßt sich die Untergruppe V4. Sie hat unter anderem auch die Aufgabe, Verfahren zu erproben und zu empfehlen, mit deren Hilfe zusätzliche digital codierte Tonsignale in existierenden terrestrischen Fernsehkanälen übertragen werden können. Ebenso ist es Aufgabe der Untergruppe V4, zu untersuchen, auf welche Weise die gesamte Übertragungsqualität (Bild und Ton) in terrestrischen Fernsehkanälen verbessert werden könnte. Hier denkt man beispielsweise an die Anwendung der D2-MAC-Norm auch für das terrestrische Fernsehen.

2.7. Ausbildung (Arbeitsgruppe F)

Die Arbeitsgruppe F befaßt sich mit sämtlichen Aspekten der Ausbildung, Fort- und Weiterbildung des

technischen Personals bei den Rundfunkanstalten. Der neue Vorsitzende der Arbeitsgruppe, H. Springer (SRT), wies besonders auf die sogenannten „**Training Workshops**“ hin, die von der Arbeitsgruppe organisiert werden. Zweck dieser Veranstaltungen, die sich vor allem an das Lehrpersonal der Ausbildungsstätten der Rundfunkanstalten wenden, ist es, über neue Lehrmethoden zu informieren und gegenseitig neues Lehrmaterial auszutauschen. Auf diese Weise soll die Wirksamkeit und die Leistungsfähigkeit der Ausbildungsstätten erhöht werden.

Die „Training Workshops“ tragen sich finanziell selbst, und es ist geplant, daß auch Mitarbeiter von Organisationen außerhalb der UER daran teilnehmen können. Der nächste „Workshop“ soll Anfang Oktober 1986 in Antwerpen stattfinden. Er steht unter dem Motto „Der Einfluß neuer Technologien auf die Ausbildung im Rundfunk“.

Zu erwähnen ist außerdem der „**EBU Training Code**“, der als Doc. Tech. 3255 erschienen ist. Darin werden grundlegende Empfehlungen und praktische Regeln für die berufliche Ausbildung bei den Rundfunkanstalten aufgestellt. Als wichtigster Faktor wird die Notwendigkeit umfassender Kommunikation zwischen und in den verschiedenen Managementebenen betont, die für die Ausbildung zuständig sind.

Schließlich sei auf das „**Broadcasting Training Directory**“ hingewiesen, das ein Verzeichnis der Ausbildungsstätten der Mitgliedsorganisationen der UER enthält.

3. Fünfte Weltkonferenz der Rundfunkunionen

In der Zeit vom 17. bis 23. Februar 1986 fand in Prag die 5. Weltkonferenz der Rundfunkunionen statt, an der Vertreter von neun internationalen Rundfunkverbänden - darunter auch der UER - teilnahmen. Die Konferenz beschloß zahlreiche Empfehlungen, die die Bereiche Hörfunk- und Fernsehprogramm, Rundfunkrecht und Technik (einschließlich Ausbildung) betrafen. Allein im Bereich der Technik wurden 23 Empfehlungen verabschiedet. Auf folgende Empfehlungen sei besonders hingewiesen:

- Einheitlicher weltweiter Standard für digitale Fernsehaufzeichnung auf Magnetband (Empfehlung T1)
- Einheitlicher weltweiter Standard für digitale Tonsignale in Rundfunkstudios und für digitale Fernsehsignale (T2)
- Betriebspraktiken und Geräte für elektronische Berichterstattung (T3)
- Datenübertragungssysteme beim Fernsehen (T4)
- Radio-Daten beim Hörrundfunk (T5)
- Standards für direkten Satellitenrundfunk (T6)
- Hochoauflösendes Fernsehen (HDTV) (T7)
- Aufbewahrung von aufgezeichneten Programmen (T13)
- Frequenzband für HDTV beim Satellitenrundfunkdienst (T14)
- Notwendigkeit für Ausbildung im Bereich des Rundfunks (T19).

Dazu ist anzumerken, daß diese Empfehlungen keineswegs bindend sind und etwa die Benutzung irgendwelcher Standards oder Systeme vorschreiben, so wie dies beispielsweise bei CCIR-Empfehlungen der Fall ist. Die Rundfunkunionen bringen mit diesen Empfehlungen lediglich ihren Wunsch zum Ausdruck, daß es zu derartigen weltweiten Standards kommen möge.

Die Technische Kommission der UER billigte sämtliche technischen Empfehlungen der Prager Interunionskonferenz. Der Verwaltungsrat und die Generalversammlung der UER müssen diesen Empfehlungen noch zustimmen.

4. Demonstration „Stereoskopisches Fernsehen“

Das IRT befaßt sich seit vielen Jahren mit den Problemen des stereoskopischen Fernsehens (3DTV). Diese neue Technik, die dem Fernsehzuschauer den Eindruck räumlicher (dreidimensionaler) Bilder vermittelt, hat in den letzten Jahren zunehmend an Interesse gewonnen. Das liegt zum einen daran, daß auch die Programmseite die Möglichkeiten des stereoskopischen Fernsehens nutzen möchte – hier hat der NDR eine Vorreiterrolle übernommen –, zum anderen könnte die Einführung von HDTV die Möglichkeit eröffnen, auch 3DTV-Programme zu den Heimempfängern zu übertragen. Aus diesem Grunde hat das IRT während der vergangenen Funkausstellungen in Berlin und auch aus anderen Anlässen im In- und Ausland sein in Zusammenarbeit mit der Industrie und den Rundfunkanstalten entwickeltes 3DTV-System sehr erfolgreich vorgeführt.

Auch die UER hat Interesse an diesem System bekundet. Nachdem das 3DTV-System im April dieses Jahres der Fernsehprogrammkommission der UER in Dubrovnik vorgeführt worden war, hatte die Technische Kommission der UER in Montreux Gelegenheit, die Möglichkeiten stereoskopischen Fernsehens zu begutachten. In mehreren Demonstrationen des IRT wurde die NDR-Produktion „Lebenslauf“ („Curriculum Vitae“) von Hans-Joachim Herbst und Monika Heidtmann in deutsch- und englischsprachiger Fassung vorgeführt. Nach den Vorführungen wurden die Teilnehmer gebeten, einen Fragebogen mit insgesamt acht Fragen zu beantworten. Dieser Fragebogen sollte Aufschluß darüber geben, wie die Erweiterung des Seherlebnisses durch das stereoskopische Fernsehen beurteilt wird – auch im Vergleich zu HDTV – und ob das Tragen einer Brille mit polarisierten Gläsern – das ist bei dem angewendeten Verfahren die Voraussetzung für einen dreidimensionalen Bildeindruck – akzeptabel erscheint.

Anmerkung: Die Auswertung der Fragebögen hat ergeben, daß die Möglichkeiten des stereoskopischen Fernsehens sehr positiv beurteilt werden. Über die Ergebnisse soll in der EBU-Review (Programmes, Administration, Law) näher berichtet werden.

5. Neuwahl des Vorstandes

Die Statuten der UER bestimmen, daß die Amtsperiode des Vorstandes (des „Bureau“) der Technischen Kommission zwei Jahre beträgt. Die derzeitige Amtsperiode läuft Ende 1986 aus. Deshalb wurde der Vorstand in Montreux neu gewählt. Wählbar und stimmberechtigt waren die aktiven UER-Mitgliedsorganisationen. Das sind gegenwärtig 37 Rundfunkorganisationen in 32 Ländern. Aufgrund multilateraler Absprachen stellten sich aber nicht sämtliche Organisationen zur Wahl in den 10 Sitze umfassenden Vorstand.

Vor der Wahl hatte der langjährige Vorsitzende der Technischen Kommission, der Italiener C. Terzani (RAI), erklärt, daß er als Vorsitzender nicht mehr zur Verfügung steht. Die Wahl selbst gestaltete sich recht langwierig, da drei Stichwahlen notwendig waren, bis für den 10. Sitz im Vorstand die erforderliche Stimmenanzahl zustande kam. Vor der letzten Stichwahl hatte die irische Rundfunkorganisation RTE ihren Verzicht zugunsten der niederländischen NOS erklärt. Angemerkt sei, daß ARD/ZDF mit 677 Stimmen in der Vorstandswahl das beste Ergebnis erzielten (jedes Land hatte 24 Stimmen).

Aufgrund des Wahlergebnisses wird sich der Vorstand der Technischen Kommission der UER in der am 1. Januar 1987 beginnenden Amtsperiode 1987/88 wie folgt zusammensetzen:

Vorsitzender:

N. Wassiczek, ORF, Österreich

Stellvertreter des Vorsitzenden:

E. Gavilan, RTVE/SER, Spanien

P. Hansen, DR, Dänemark

Mitglieder:

A. Bouhired, RTA, Algerien

J. R. Forrest, UKIBA, Großbritannien

C. J. Hagenbeek, NOS, Niederlande

U. Messerschmid, ARD/ZDF, Bundesrepublik Deutschland

B. Pauchon, OFRT, Frankreich

S. Pernus, JRT, Jugoslawien

C. Terzani, RAI, Italien.

In Anerkennung seiner großen Verdienste um die UER wurde der bisherige Vorsitzende C. Terzani zum Ehrenvorsitzenden der Technischen Kommission der UER ernannt.

6. Nächste Jahrestagung

Auf Einladung der niederländischen Rundfunkorganisation NOS (Nederlandse Omroep Stichting) wird die 39. Jahrestagung der Technischen Kommission der UER in der Zeit vom 23. bis 28. April 1987 in Amsterdam stattfinden. Für die Jahre 1988 und 1989 liegen Einladungen nach Frankreich (OFRT) und in die Bundesrepublik Deutschland (ARD/ZDF) vor.

Ulrich Messerschmid, Peter Wolf
Institut für Rundfunktechnik, München

SCHRIFTTUM

- [1] Dosch, Ch.; Messerschmid, U.; Petke, G.: Die 37. Jahrestagung der Technischen Kommission der UER, Sevilla, 11. bis 16. April 1985. Rundfunktech. Mitt. 29 (1985), S. 179 bis 184.

ERSTES INFORMATIONSTREFFEN DES IFRB-ORB ZUR VORBEREITUNG DES ZWEITEN TEILS DER ORBIT-PLANUNGSKONFERENZ

GENF, 5. BIS 7. MAI 1986

Nach den in Kapitel 8 des Berichtes der ersten an die zweite Sitzung der Orbitplanungskonferenz enthaltenen Richtlinien arbeitet der IFRB zwischen diesen Sitzungen an den ihm übertragenen Aufgaben – insbesondere an Planungsübungen – und berichtet über den Zwischenstand in mehreren Informationstreffen. Das erste Treffen fand vom 5. bis 7. Mai 1986 in Genf statt.

Die gesamten Aktivitäten sollen in einem Sammel-dokument zusammengefaßt werden, das den Namen ORB SYSTEM trägt. Dieses Werk wird einen Umfang von 7 Kapiteln und 2 Anhängen umfassen. Zum ersten Treffen lagen nur die Gliederung, Kapitel 1 (Einführung) und einzelne Abschnitte des Kapitels 2 vor. (Aktivitäten zwischen den Sitzungen bezüglich des „Allotment-Planes“ für den festen Funkdienst über Satelliten.)

Die im Bericht der ersten an die zweite Sitzung enthaltenen Richtlinien (Kapitel 8) stehen teilweise in einem gewissen Widerspruch zu den Festlegungen anderer Kapitel (z. B. Kapitel 3, Planung), gewisse wichtige Definitionen wie die des Begriffes „Allotment“ in bezug auf Weltraumfunkdienste fehlen, und die von einigen Verwaltungen angemeldeten Vorbehalte erschweren die Auslegung der Konferenzbeschlüsse. Der IFRB sah sich daher veranlaßt, zur Bewältigung seiner Aufgaben eine Anzahl von Annahmen zu treffen (Kapitel 2, Abschnitt 1), die vorgestellt und zum Teil kontrovers diskutiert wurden. Diese Annahmen betreffen technische Details wie z. B. die Mindestgröße der Strahlungskeule einer Satellitensendeantenne, aber auch Verfahrensfragen wie die Behandlung sogenannter „existing systems“, zu denen laut Definition z. B. auch die luxemburgischen Projekte GDL-4, -5 und -6 zählen.

In Abschnitt 4 des Kapitels 2 geht es um die Art und Verfügbarkeit von Software für die Planungsübungen

des IFRB. Es ist eine Entscheidung zu treffen zwischen einem interaktiven Programm, welches den Einsatz erfahrener Planungsingenieure erfordert, und einem weitgehend automatisch arbeitenden Planungsprogramm. Der IFRB empfiehlt das letztere unter Verwendung des von Japan offerierten Programms ORBIT II. Zusätzlich würde ein in den USA entwickeltes und eventuell verfügbares Analyseprogramm (GSOAP) benötigt, und einige Programmbausteine müßten beim IFRB selbst entwickelt werden. Für alle notwendigen Bearbeitungen bei diesem Vorgehen wird eine Zeit von 18 Monaten ab 1. 1. 1987 veranschlagt.

Die für den Rundfunk besonders interessanten Themen

- Planung der Aufwärtsverbindungen für den 12-GHz-Satellitenrundfunk,
- Tonrundfunk für bewegliche Empfänger und
- HDTV-Satellitenübertragung

wurden auf diesem ersten Treffen nicht behandelt. Es wurde lediglich vorgetragen, daß für Planungsübungen bei den Aufwärtsstrecken keine besonderen Schwierigkeiten zu erwarten seien. Zum weiteren Vorgehen ist geplant, ein überarbeitetes Dokument, das alle Kommentare berücksichtigt und auch die modifizierten Annahmen und Beschreibungen der Programme enthalten soll, im Herbst 1986 zu verteilen und ein zweites Treffen 1987 vorzusehen. Für ein von vielen Teilnehmern gewünschtes zweites Treffen 1986 müßte der Verwaltungsrat der UIT zunächst die Mittel bewilligen.

Rolf Süverkrübbe
Institut für Rundfunktechnik, München

TAGUNGEN UND AUSSTELLUNGEN

Termine

3. 9. – 9. 9. 1986 Köln	photokina Weltmesse des Bildes	6. 10. – 10. 10. 1986 Kleinheubach	Kleinheubacher Tagung 1986 Gemeinschaftstagung des U.R.S.I.- Landesausschusses in der BRD und der NTG
4. 9. – 8. 9. 1986 Mailand	20th SIM-HIFI-IVES 86	6. 10. – 11. 10. 1986 Düsseldorf	INTERKAMA 86 10. Internationaler Kongreß für Meß- und Automatisierungstechnik
8. 9. – 11. 9. 1986 Dublin	EuMC 86 16th European Microwave Conference	13. 10. – 15. 10. 1986 Nürnberg	VDE-Kongreß 86 Elektrotechnik – Motor der Innovation
11. 9. 1986 Basel	Videotex-Europa Schweizerischer Videotex-Kongreß mit Ausstellung	24. 10. – 29. 10. 1986 New York	128th Technical Conference and Equipment Exhibit (SMPTE)
11. 9. – 15. 9. 1986 Wiesbaden	Video-Kongreß 86 Video-Programm-Messe	5. 11. – 7. 11. 1986 Basel	ISDN EUROPE 86 European Integrated Services Digital Network Exposition
17. 9. – 18. 9. 1986 Tokio	International HDTV Symposium for Image Producers	11. 11. – 15. 11. 1986 München	electronica 86
19. 9. – 23. 9. 1986 Brighton	IBC 86 11th International Broadcasting Convention	12. 11. – 16. 11. 1986 Los Angeles	81st AES Convention Audio Engineering Society Convention
22. 9. – 25. 9. 1986 Barcelona	ECOC 86 12th European Conference on Optical Communication	19. 11. – 22. 11. 1986 München	14. Tonmeistertagung
29. 9. – 30. 9. 1986 Berlin	Mikroelektronik für die Informa- tionstechnik – Vermittlung, Über- tragung und Verarbeitung NTG-Fachtagung in Zusammenarbeit mit FKME und der Deutschen Sektion des IEEE	20. 11. – 22. 11. 1986 Tokio	InterBEE International Broadcast Equipment Exhibition

BUCHBESPRECHUNGEN

Das kleine Werkbuch der Elektronik. Aus der Reihe: Franzis Elektronik-Nachschlagewerk. Von Dieter Nährmann. 435 Seiten, 345 Bilder, zahlreiche Tabellen, Format 19,5 cm x 13 cm, kartoniert, Franzis-Verlag, München 1984, Preis 48,- DM.

Das vor einiger Zeit erschienene Elektronik-Nachschlagewerk „Das große Werkbuch der Elektronik“ hat vom gleichen Autor einen kleineren Bruder bekommen. Es ist vom Verlag als Nachschlagewerk für den Hobby-Elektroniker bezeichnet worden, und was die Abmessungen betrifft sogar sehr handlich.

Bei näherer Betrachtung fällt auf, daß der erste Teil des Buches – er enthält Grundlagen, Berechnungsdaten, Nomogramme usw. – zum großen Teil einen Auszug aus dem großen Werkbuch darstellt. Leider wurden auch die Fehler übernommen, ich möchte hier nur die fehlerhaften Bezeichnungen der Fernsehsignaldarstellungen herausgreifen. Solche Fehler sind bei einem Buch für Hobby-Elektroniker viel schwerwiegender als bei einem Nachschlagewerk für Praktiker, der ja meistens schon etwas mehr Ahnung von der Materie hat.

Das gleiche gilt leider auch für den Teil 2, die „Schaltungsbeschreibungen“. Für den Elektronik-Freund ist es sicher sehr schwierig, beim Nachbau von Schaltungen die Fehler zu finden, die in dem Schaltungsvorschlag bereits vorhanden sind. Dazu kommt noch, daß die Beschreibungen teilweise einiges zu wünschen übrig lassen. So erhebt sich z. B. die Frage: Ist es sinnvoll, eine Schaltung für einen Verstärker für Breitband-Oszilloskope (0 bis 300 MHz) mit einer selbst für einen Praktiker nicht ganz leicht verständlichen Beschreibung dem Elektronik-Anfänger vorzusetzen?

Der Versuch des Verfassers, dem Hobby-Elektroniker ein handliches Arbeits- und Auskunftsbuch in die Hand zu geben, mit dem er sich in die elektrische Schaltungstechnik einarbeiten kann, ist lobenswert. Es wäre wohl angebracht gewesen, grundlegende Schaltungen darzustellen und so ausführlich zu beschreiben, daß sowohl dem Anfänger als auch dem fortgeschrittenen Hobbyisten ein Erfolg zuteil wird. Durch die Handlichkeit des kleinen Werkbuches ist es jedoch für den erfahrenen Praktiker ein empfehlenswertes, wenn auch mit kleinen Mängeln behaftetes Nachschlagewerk.

Alfred Schaumberger

Technik der magnetischen Videosignalaufzeichnung. Von Bodo Morgenstern. 200 Seiten, zahlreiche Bilder und Tabellen, Format 19 cm x 13 cm, Plastikeinband, B. G. Teubner, Stuttgart 1985, Preis 16,80 DM, ISBN 3-519-00108-X.

Das vorliegende Buch ist als studienbegleitendes Skriptum für Studenten der Elektrotechnik an der Universität der Bundeswehr Hamburg gedacht. Neben elementaren Kenntnissen der Mathematik, Physik, Hochfrequenztechnik und Elektronik ist der Gehalt an mathematischen Formeln auf das absolut notwendige Maß für die theoretischen Grundlagen beschränkt worden. Trotzdem wird der praxisorientierte Ingenieur die straffe Zusammenstellung von physikalischen Grundlagen bis hin zur Beschreibung angewandter Aufzeichnungsformate zu schätzen wissen.

Im ersten von 11 Kapiteln behandelt der Verfasser die magnetischen Grundbegriffe und Definitionen und daran anschließend das physikalische Prinzip der Signal-speicherung auf Magnetband. Einen wesentlichen Teil stellen im folgenden die Diskussion der für die Aufzeichnung wichtigen Komponenten, also Schreib-/Lesekopf

und Magnetband, sowie die grundlegenden Prozesse des Aufzeichnungs- und Wiedergabevorgangs dar.

Die Aufzeichnung von Fernsehsignalen bestimmt den Schwerpunkt des Buches. Beginnend mit einem grundlegenden Vergleich zwischen der Audio- und Videoaufzeichnung und einer Systembetrachtung zur hier angewandten Frequenzmodulation werden alle gängigen Aufzeichnungsverfahren beschrieben. Diese reichen vom professionellen Sektor bis hin zur Amateuertechnik. Außerdem ist der Signalverarbeitung für Aufnahme und Wiedergabe und der notwendigen Zeitfehlerkorrektur angemessene Aufmerksamkeit gewidmet.

Weitere Abschnitte behandeln die prinzipiellen Grundlagen des Band- und Kopfradantriebes und beschreiben die für heutige Videorecorder so wichtigen Eigenschaften wie Standbild, Zeitlupe, Zeitraffer, elektronische Schneidetechnik und den Zeit- und Kontrollcode. Etwa ein Viertel des Buches umfaßt die Zusammenstellung der Systemparameter der verschiedenen Aufzeichnungsverfahren. In zahlreichen Tabellen und Bildern sind die wichtigsten Daten vom 2-Zoll- bis zum 1/4-Zoll-Standard übersichtlich angeordnet. Diverse Zeichnungen unterstützen die Darstellung der einzelnen Standards. Zum Schluß gibt der Verfasser noch einen Ausblick auf die Anforderungen an ein digitales Videoaufzeichnungsverfahren und dessen begleitende Problematik. Zum Zeitpunkt der Drucklegung war der heute bekannte D-1-Standard zwar noch nicht fertiggestellt, jedoch auch ohne die endgültigen Systemparameter gibt der letzte Abschnitt einige interessante Aspekte wieder.

Gerhard Welz

Methoden der Signal- und Systemanalyse. Eine Einführung mit dem Personalcomputer. Von Dieter Lange. 263 Seiten, 244 Bilder, zahlreiche Tabellen, Format 23 cm x 16 cm, Plastikeinband, Friedr. Vieweg & Sohn, Braunschweig – Wiesbaden 1985. Preis 32,- DM. ISBN 3-528-04341-5.

Zum Thema Signal- und Systemanalyse ist in den letzten Jahren eine Vielzahl guter Lehrbücher erschienen, und der mit diesen Problemen befaßte studierende oder berufstätige Nachrichtentechniker findet eine entsprechende Auswahl, die sich von der mehr theoretischen Warte bis hin zum Anwendungsbezug erstreckt.

Der Autor des vorliegenden Werkes ließ sich bei seinem Konzept von der Tatsache leiten, daß preiswerte, leistungsfähige Kleinrechner (Personalcomputer PC) sich in allen Bereichen immer mehr zum Standardwerkzeug entwickelt haben und weiter entwickeln. Sein Anliegen ist die Einführung in die praktischen Methoden der Signal- und Systemanalyse unter Zuhilfenahme des PC.

Dabei wird zu den einzelnen Themenbereichen jeweils eine auf die notwendigen Fakten beschränkte theoretische Einführung gegeben. Die Begriffe Transformation, Abtastung, Faltung, Interpolation und Überlappung werden erläutert und die zugehörigen Formelapparate auf den für das gesteckte Ziel unbedingten erforderlichen Umfang beschränkt.

Die Programmierung der dabei verwendeten Algorithmen orientiert sich notwendigerweise an realen Computersystemen; in diesem Falle erfolgt sie in BASIC für den MZ-700 und den PC-1500 von Sharp. Einen Schwerpunkt bildet das Programm SPECTRA, das einen universellen Einsatz der schnellen Fouriertransformation (FFT) für eine Vielzahl von Anwendungen ermöglicht (z. B. Transformation, Synthese, Analyse, Frequenzgangberechnung und Faltung). Da BASIC relativ weit ver-

breitet ist, dürfte die Übertragung der Algorithmen auf andere Systeme dem Interessierten keine größeren Probleme bereiten.

Das Buch wendet sich in erster Linie an den Studierenden und den Ingenieur der Nachrichtentechnik und ist dem Anwender als eine sehr nützliche und wertvolle Ergänzung zu der mehr grundlegenden Literatur zu empfehlen.

Bodo Morgenstern

Signalübertragung. Grundlagen der digitalen und analogen Nachrichtenübertragungssysteme. Von Hans Dieter Lüke, 3., erweiterte Auflage. XIII, 219 Bilder, Format 25 cm x 22 cm, gebunden, Springer-Verlag, Berlin - Heidelberg - New York - Tokyo 1985, Preis 54,- DM, ISBN 3-540-15526-0.

Das Lehrbuch enthält den Stoff einer Vorlesung, die der Autor an der RWTH Aachen für Studierende der Nachrichtentechnik hält. Es wendet sich aber ebenso an den in der Praxis stehenden Ingenieur. Es macht den Leser mit den wichtigsten theoretischen Methoden zur Lösung von Problemen bekannt, die bei der Übertragung von Signalen über ein störbehaftetes System auftreten. Fundierte Mathematik- und Nachrichtentechnik-Grundkenntnisse sind Voraussetzung. Gegenüber der zweiten Auflage hat sich neben der äußeren Form (fester Einband) vor allem der Umfang verändert. Die zunehmend wichtiger gewordenen Konzepte der zeitdiskreten Signal- und Systemtheorie haben zur Erweiterung einiger Kapitel geführt.

Leitfaden des Werkes ist die Frage: Wie verhält sich ein Signal bei der Übertragung durch ein System? Einleitend werden die Begriffe Signal und System erläutert. Es wird gezeigt, wie sich das Faltungintegral zur Berechnung der Signalübertragung über lineare, zeitinvariante (LTI-)Systeme berechnen läßt. Der Diracstoß als wichtiges Mittel zur Bestimmung der Eigenschaften von LTI-Systemen und eine spezielle Faltungsgebra werden eingeführt.

In einem weiteren Kapitel werden die Fouriertransformation diskutiert, die Vorteile der Behandlung nachrichtentechnischer Systeme im Frequenzbereich aufgezeigt und an Beispielen verdeutlicht. Das für quantisierte Nachrichtenübertragungen fundamentale Abtasttheorem wird im nächsten Kapitel erläutert, auf die Abtastung im Zeit- und Frequenzbereich angewendet und für die Beschreibung zeitdiskreter Signale und Systeme nutzbar gemacht. Die Theorie von Tief- und Bandpaßsystemen ist ein weiteres Thema, in dem kontinuierliche und zeitdiskrete Varianten diskutiert werden.

Es folgt die Darstellung der Methoden zur Beschreibung statistischer Signale sowie deren Kenngrößen im kontinuierlichen und zeitdiskreten Bereich. Die beiden letzten Kapitel befassen sich ausführlich mit der Theorie der Modulationsverfahren, und zwar sowohl im digi-

talen als auch im analogen Bereich. Der behandelte Stoff wird am Ende eines jeden Kapitels noch einmal zusammengefaßt und durch eine Reihe von Aufgaben ergänzt, anhand derer der Leser seinen Lernerfolg kontrollieren kann. Themenbezogene Anhänge und ein weiteres Kapitel mit vollständig gelösten Aufgaben runden das Werk ab.

Der Autor hat den anspruchsvollen Stoff in moderner, didaktisch ausgezeichneter Form aufbereitet. Das Buch ist deshalb allen, die sich mit elektrischen Signalübertragungsverfahren befassen, sehr zu empfehlen.

Bodo Morgenstern

MINOLTA Fotoschule von Norbert Bolewski und Josef Scheibel. 307 Seiten, über 600 Bilder und Tabellen, Format 28,5 c x 22,5 cm, kartoniert, Verlag PHOTOGRAPHIE AG, Schaffhausen 1985, Preis 98,- DM, ISBN 3-7231-4600-7.

Die moderne Technik hat auch in der Fotografie einen beträchtlichen Wandel vollzogen: Bei relativ unbeschwerter Handhabung kann heute so gut wie jeder Hobbyfotograf zu qualitativ einwandfreien Ergebnissen kommen. Die volle Ausnutzung und Beherrschung eines so umfangreichen fotografischen Kamerasystems wie das von Minolta verlangt jedoch technisches Basiswissen und Kenntnisse über die funktionalen Zusammenhänge.

Nach einigen einleitenden Gedanken zum Thema Fotografie und Gestaltung wird zunächst das Werkzeug des Fotografen in seiner Funktionsweise erklärt: die Kamera. Das Buch hebt dabei vor allem auf die Minolta-Spitzenmodelle 7000 und 9000 mit ihren vielfältigen Möglichkeiten (Autofokus mit Digitalsteuerung, automatische Multiprogrammwahl usw.) ab. In den folgenden Kapiteln werden die kreative Basis der Fotografie (Schärfentiefe, Perspektive, Bewegung), das Filmmaterial und das Licht (Sonne, Lampen und Blitzlicht, Available Light) behandelt.

Optimale Ergebnisse bei der Erstellung von Bildern sind nur bei gleichzeitiger Beherrschung der Aufnahmetechnik und der bewußten Gestaltung möglich. Die restlichen Kapitel des Buches (rund 200 Seiten) orientieren sich daher an den verschiedenen, praktisch lückenlos aufgeführten Aufnahmebereichen: Der Mensch, das Tier, Landschaft und Natur, Architektur, Urlaub, Familie, Sport, Reportage, Sachfotografie, Nah-Fotografie, Effekt-Fotografie, Spezialbereiche. Über 600 ausgewählte Bildbeispiele vieler Fotografen ergänzen den detaillierten und von großer Sachkenntnis getragenen Text.

Obwohl dieses Buch in erster Linie als Fotoschule für Minolta-Fotografen gedacht ist, kann es getrost jedem Hobbyfotografen empfohlen werden. Besonders hervorzuheben sind die exzellente Druckqualität und Verarbeitung des Bandes, die den Preis rechtfertigen.

Rolf Hengstler

NACHRICHTEN

RUNDFUNKTEILNEHMER-STATISTIK

Stand 30. Juni 1986

	Gebühren- pflichtige Teilnehmer	Zunahme (Abnahme) seit 31. 3. 1986	Anteil in %
Hörfunk			
BR	4 208 288	+ 35 973	17,7
HR	2 224 875	+ 843	9,4
NDR	4 391 493	+ 19 159	18,5
RB	284 971	+ 1 048	1,2
SR	418 317	+ 601	1,8
SFB	877 128	+ 426	3,7
SDR	2 403 308	+ 11 737	10,1
SWF	2 980 679	+ 17 690	12,6
WDR	5 919 222	+ 17 437	25,0
Summe	23 708 281	+ 104 914	100,0
Fernsehen			
BR	3 746 141	+ 20 629	17,6
HR	1 983 112	+ 8 890	9,3
NDR	3 978 388	+ 17 903	18,7
RB	257 038	+ 680	1,2
SR	381 177	+ 398	1,8
SFB	809 857	- 64	3,8
SDR	2 002 861	+ 11 391	9,4
SWF	2 528 242	+ 17 472	11,9
WDR	5 598 003	+ 12 216	26,3
Summe	21 284 819	+ 89 515	100,0

Die Anzahl der darüber hinaus aus sozialen Gründen von der Gebührenpflicht für den Hör- und Fernseh-rundfunk befreiten Teilnehmer betrug 3 653 030 am 30. Juni 1986.

Der BARCO-Farbfernseh-Kontrollmonitor CVS

Die Videotechnik verlangt für die Bildbeurteilung vollkommen gleich eingestellte Monitoren; Bild- und Farbunterschiede zwischen zwei Geräten werden nicht akzeptiert. Häufig ist es deshalb notwendig, alle Einstellungen eines Gerätes zu kennen und zu überprüfen. In bestimmten Zeitabständen werden die Geräte darüber hinaus justiert.

Der Service- und Bedienungsfreundlichkeit hat man bei BARCO INDUSTRIES daher besondere Aufmerksamkeit gewidmet und ein neues Konzept erarbeitet. Ein Mikroprozessor steuert einerseits alle Bedienungsfunktionen und unterstützt andererseits Wartungsarbeiten. Auf Tastendruck werden Helligkeit, Farbe, Kontrast sowie zahlreiche weitere Parameter eingestellt und unverlierbar gespeichert, oder man ruft einen Speicher auf, in dem vom Werk genormte Werte komplett abgelegt sind. Auf Tastendruck erscheint auch der gesamte Betriebszustand auf dem Bildschirm und informiert über Einstellungen sowie die Decoder und Darstellungsfunktionen.



Eine weitere Aufgabe des Mikroprozessors ist die Steuerung des Festbildgenerators für Weißfeld, Farbbalken und Gitter. Mit diesem Generator kann eine erste Analyse des Bildes und der Konvergenz ohne externe Hilfsmittel durchgeführt werden. Da für die Steuerung des Monitors digitale Signale verwendet werden, ist die Fernbedienung eines Gerätes oder ganzer Monitorwände durch eine Fernbedieneinheit möglich.

Eine Besonderheit ist ein kleiner Stecker an der Frontseite des Monitors. Er ist für den Anschluß eines Farbmeßgerätes vorgesehen; Schwarzwert, Weißwert und Farbtemperatur werden dann von dem Mikroprozessor auf einen gewünschten Wert automatisch abgeglichen.

EMT-Franz-Presseinformation

Frequenzliste 1986

Der Norddeutsche Rundfunk, Meß- und Empfangsstation Wittsmoor, Postfach 346, 2000 Wedel/Holstein, hat eine Neuauflage der Frequenzliste „Hörfunk- und Fernsehsender in der Bundesrepublik Deutschland einschließlich Berlin (West)“ mit Anhang „Sender in der DDR“ nach dem Stand vom 1. Januar 1986 herausgegeben.

Das 283 Seiten starke Buch kann gegen Vorauszahlung von 12,- DM (Schutzgebühr) auf das Postscheckkonto des Norddeutschen Rundfunks

Bankleitzahl: 200 100 20

Konto-Nummer: 50 000-204 Hamburg

bezogen werden.

Von Zahlung der Schutzgebühr durch Einsendung von Briefmarken oder Bargeld muß aus buchungstechnischen Gründen abgesehen werden.

Neue Off-Line-Station erweitert Kapazität von FGS 4000

Mit einer neuentwickelten „Off-Line Modeling Station“ erweitert der Geschäftsbereich Fernsehanlagen der Robert Bosch GmbH die Kapazität seines Computer Grafiksystems FGS 4000, von dem gegenwärtig weltweit über 70 Einheiten installiert sind. Bosch zeigte einen Prototyp des neuen Gerätes erstmals auf der National Association of Broadcasters (NAB) in Dallas.

Bisher waren allein für das Modellieren der Grundfiguren 40 bis 50 Prozent der Kapazität des FGS 4000 nötig, ehe deren Oberflächengestaltung und Bewegungs-

abläufe realisiert werden konnten. Jetzt erlaubt das System dem Grafiker die Off-Line-Gestaltung verschiedener zwei- und dreidimensionaler Objekte, während die Kapazität des FGS 4000 in vollem Umfang für das Design von Animationssequenzen zur Verfügung steht. Die auf der Off-Line-Station entwickelten Objekte werden über ein Ethernet®-Bus-Interface zur Endbearbeitung in das FGS 4000 transferiert.

Die Software der Off-Line-Station entspricht der des FGS 4000, wurde jedoch um weitere Modellier-Routinen erweitert. Außerdem erlaubt die Programmiermöglichkeit des Rechnerbetriebssystems in der Programmiersprache C weiteres individuelles Gestalten.

Bosch-Presseinformation

Neue STELLAVOX-Magnetbandgeräte

Das STELLAVOX-Studio-Magnetbandgerät TD-9N bietet durch Austausch des Tonkopfträgers mit seiner NF-Elektronik und der Tensiometer als Bandführungselemente die Umstellung binnen weniger Minuten auf die Betriebsarten mit 1/4"-, 1/2"- oder 16-mm-Perfo-Magnetband.

Dem Wunsch, diese günstigen Systemparameter auch dem Normalfilmbereich zu erschließen, entspricht die Weiterentwicklung TD-9P.

Das Gerät, in Ausführungen für 35-, 17,5- und 16-mm-Perfo-Magnetband lieferbar, ist u. a. zur sicheren Bewältigung größerer Bandmassen mit stärkeren Wickelantrieben ausgerüstet. Es kann in diesem Bereich mit wenigen Handgriffen auf die beiden anderen Bandformate umgestellt werden.



Unser Bild zeigt das STELLAVOX-Magnetbandgerät TD-9P 35 in der Ausbaustufe für 35-mm-Perfo-Magnetband als 3-Spur-Ausführung mit Koppelsystem STELLALOCK ASB. TD-9 und ASB sind für Studiobetrieb in dem Fahr- und Schwenkgestell ANF montiert. Bauform und Anordnung erlauben sitzende Bedienung in ergonomisch richtiger und ermüdungsfreier Haltung. Da das Gerät auch in senkrechter Betriebslage arbeitet, ist Gestellmontage möglich.

Weitere Besonderheiten des Gerätes liegen in der Fähigkeit zum Computerdialog, zur Zeitcodeverarbeitung, zur Laufwerkverkoppelung mit SMPTE-Timecode oder 2-Phasen-Signal und Batteriebetrieb 24 V. Zur Grundausstattung gehört die Abhörschaltung für die 4 Tonkanäle und den Cue-Kanal, Endstufen für den eingebauten Kontrollausprecher, Kopfhöreranschluß und Anschluß für ein externes Lautsprecherpaar.

STELLAVOX-Presseinformation

Ergänzende Mitteilung der Redaktion zum Aufsatz von Lothar Dudek in RTM Heft 6/1985

Die beschriebenen Versuche wurden über den Sender Gelbsee 101,2 MHz ausgeführt, den der Bayerische Rundfunk dafür freundlicherweise zur Verfügung gestellt hatte. Der Autor und die Geschäftsführung des IRT möchten nicht versäumen, dem Bayerischen Rundfunk dafür zu danken, daß er auf diese Weise die Versuche ermöglicht hat.

Bosch liefert Fernsehausrüstung für „Spiele der Freundschaft“

Aufgrund seiner langjährigen Erfahrung bei der video- und audiotecnischen Ausstattung von Sendezentralen zur Übertragung international bedeutender Sportwettkämpfe wurde der Bosch-Geschäftsbereich Fernsehanlagen (Darmstadt) jetzt auch mit der Lieferung und Installation von Video- und Audiogeräten für die Übertragung der „Spiele der Freundschaft“ in Moskau beauftragt.

Zum Lieferumfang von Bosch – das Auftragsvolumen beträgt 6,7 Millionen DM – gehören u. a. eine Matrix zur Video- und Audiosignalverteilung, mehrere Videomischer modernster Bauart, elektronische Schnittsysteme sowie zahlreiche Schwarzweiß- und Farbmonitore.

Die sechzehntägigen internationalen „Good-Will-Games“ – von der Sowjetunion und einer der größten Kabelfernsehanstalten der USA vereinbart – wurden am 5. Juli eröffnet. Sie fanden dieses Jahr zum ersten Mal statt und sollen zukünftig jeweils zwischen den Olympischen Spielen stattfinden.

Bosch-Presseinformation

Südwestfunk (SWF) auch 1987 geschäftsführende Anstalt der ARD

Die Hauptversammlung der ARD hat auf ihrer Sitzung am 25. Juni 1986 in Saarbrücken den Südwestfunk (SWF) Baden-Baden für ein weiteres Jahr zur geschäftsführenden Anstalt der ARD gewählt. Der Intendant des Südwestfunks, Willibald Hilf, wird damit auch im Jahr 1987 Vorsitzender der Arbeitsgemeinschaft der öffentlich-rechtlichen Anstalten der Bundesrepublik Deutschland (ARD) sein.

ARD-Presseinformation

Studio Hamburg stellte neues Schnittmobil vor

Studio Hamburg hat am 4. Juni 1986 in der Vertretung des Landes Schleswig-Holstein in Bonn vor in- und ausländischen Fernsehkorrespondenten sein neuestes Video-Schnittmobil vorgestellt.

Dieses neue Schnittmobil ist ortsunabhängig einsetzbar und kann Programme sendefähig auf Kassette erstellen oder auch über Postleitungen oder Satellitenverbindung absetzen. Alle Video-Schnittbearbeitungen für Bild und Ton sowie Sprachaufnahmen und Schrifteinblendungen in U-matic-Highband und Betacam-Standard können durchgeführt werden. Einsatzmöglichkeiten sind u. a. Messen und Kongresse, Firmentagungen, Produktdarstellungen, Schulungen, Dokumentationen und Industriefilme (Video).

Die Konzeption des neuen Schnittmobils ist unter Berücksichtigung von Kundenwünschen nach dem letzten Stand der Technik entwickelt worden.

Nach einer Studio-Hamburg-Presseinformation

Zentrales elektronisches Grafiksystem beim Hessischen Rundfunk

Im Frühjahr 1986 wurde beim HR ein zentrales Grafiksystem auf elektronischer Basis in Betrieb genommen. Das besondere Merkmal der vorliegenden Konfiguration ist dessen geschlossene Einheit aus diversen Aufnahme-, Manipulations- und Wiedergabeeinheiten. Im einzelnen wirken folgende Geräte zusammen:

- Auf der Bild-erzeugenden bzw. -manipulierenden Seite:

- eine Quantel-„Paintbox“, die über Tastatur und Grafiktablett im zentralen Grafikraum bedient wird (**Bild 1**);
- ein Kamera-Tricktisch der Firma Bell & Howell, ausgestattet mit einer EB-Kamera, einem in mehreren Ebenen fahrbaren Tisch und der dazugehörigen Steuerungselektronik;
- ein ASTON-3-Schriftgenerator mit zentraler Bedienung im Grafikraum und zugeordnetem Externspeicher;
- zwei unabhängig voneinander betreibbare Digital-Standbildspeicher von Quantel, mit denen gewisse Bildmanipulationen bereits aufgezeichneter Standbilder vorgenommen werden können;

außer einer zentralen Bedienung im Grafikraum sind Fernbedienungen aus den Bildregionen zweier Studios möglich.

- Auf der Bild-aufzeichnenden bzw. -wiedergebenden Seite (**Bild 2**):

- zwei Digital-Standbildspeicher der Firma Quantel mit je 660 MByte Speicherkapazität;
- ein U-matic-Recorder BVU 820 der Firma Sony, hiermit können Standbilder und Sequenzen mit Normalgeschwindigkeit oder Slow-motion wiedergegeben werden;



Bild 1
Bedienplatz „Paintbox“



Bild 2
Bedienplatz für Schriftgenerator, Standbildspeicher, U-matic

- ein ASTON-3-Schriftgenerator mit softwaregesteuerten Fonts, von dessen Externspeicher vorproduzierte Bilder abgerufen werden können, entweder direkt als Bildquelle oder als Stanze über einen Schriftzusetzer zu verwenden.

Die aufgeführten Geräte sind nun auf vielfältige Weise über eine ebenfalls zentral angeordnete Video-Kreuzschiene miteinander verkoppelbar. Alle logisch sinnvollen Verknüpfungen sind erlaubt, alle nicht plausiblen werden abgewiesen.

Wo die verwendeten Geräte qualitätsteigernde Maßnahmen zuließen, wurden diese konsequent genutzt. So werden die Kamera-RGB-Signale uncodiert den digitalen Einzelbildspeichern und der Paintbox zugeführt. Weiter ist die Verbindung zwischen der U-matic-Maschine und dem Zeitfehlerausgleicher auf der Dub-Ebene ausgeführt. Und schließlich gibt es videotechnische Verknüpfungen auf eine quasi-digitale Weise. Hierzu besitzen die Digital-Standbildspeicher und die Paintbox neben den FBAS-Ein-/Ausgängen solche für angepasste Digitalsignale. Diese „Anpassung“ nutzt das Zeilen-/Bild-Raster eines analogen S-Signals (soweit man dieses im strengerem Sinne überhaupt als analog bezeichnen kann) und packt die digitale Information in die Lücken, die normalerweise durch die BA-Anteile innerhalb eines FBAS-Signals besetzt sind.

Dieser Trick erlaubt die Übertragung von digitalen Signalen über handelsübliche Videokomponenten. Als Nachteil erkauft man sich natürlich eine entsprechend geringe Datenrate bei einer maximal nutzbaren Bandbreite von 3 bis 5 MHz. Da dieses Spezialesignal im Kleide eines FBAS-Signals nicht nur übertragbar, sondern auch aufzeichnenbar ist, wurde die vorhandene U-matic-Maschine in diese über die Kreuzschiene verknüpfbaren Reihen- und Schleifenschaltungen mit einbezogen. Auf diese Weise lassen sich digitale Speicherinhalte für Archivierungszwecke u. ä. aufs Band dumpten.

Bedingt durch den Umstand, daß hier technologisch neue Geräte, die ihrerseits von komplexerem Charakter sind, zu einem äußerst flexiblen Gebilde miteinander verwoben werden, entwickelte sich die Schulungsphase erwartungsgemäß zunächst etwas mühsam. Überraschend hoch fiel jedoch die Akzeptanz dieses komplexen Gestaltungsmittels aus. Heute, nach einer relativ kurzen betrieblichen Erprobungsphase, ist die Anlage selbstverständlicher und unverzichtbarer Bestandteil der fürs Fernsehen erforderlichen Produktionsmittel.

ANT errichtet in Berlin DFS-Erdefunkstelle

Die ANT Nachrichtentechnik wurde von der Deutschen Bundespost als Generalunternehmer mit der Errichtung einer Erdefunkstelle in Berlin-Zehlendorf für das Deutsche Fernmelde-Satellitensystem (DFS) beauftragt. Der Auftrag hat ein Gesamtvolumen von rund 10 Millionen DM. Diese Station ist Teil der geplanten Punkt-zu-Punkt-Verbindung der Bundesrepublik mit West-Berlin über den nationalen Fernmeldesatelliten DFS-„Kopernikus“. Als Gegenstelle wird auf dem Gelände der Erdefunkstelle Usingen (Taunus) eine Antennenanlage geplant.

Die Erdefunkstelle in Berlin ist für die Übertragung von digitalem Fernsprech- und Datenverkehr sowie für zwei TV-Modulationsleitungen mit Zweikanal-Begleiton ausgelegt. Die Station erhält eine Parabolantenne mit 16 m Durchmesser und arbeitet im Frequenzbereich 11/14 GHz. Neben der ANT Nachrichtentechnik als Federführer für das Gesamtprojekt sind die Unternehmen Krupp sowie Dyckerhoff & Widmann am Bau der Anlage beteiligt. Die Übergabe der Erdefunkstelle ist für das Frühjahr 1988 geplant. ANT-Presseinformation

Ausbau der Fernsehrestversorgung

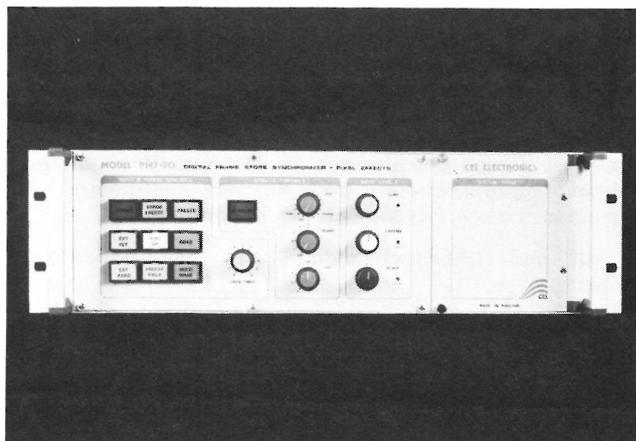
Gestützt auf den Auftrag der Länderparlamente zum Ausbau der Fernsehrestversorgung haben die Intendanten der ARD beschlossen, den Ausbau in der Fernsehrestversorgung für Gebiete, in denen zwei Fernsehprogramme fehlen (2er-Lücken) sofort in Angriff zu nehmen. Das Ausbaувolumen für die zu treffenden Maßnahmen beträgt 109,6 Millionen DM. Außerdem wird die Planung für Gebiete, in denen ein Fernsehprogramm fehlt (1er-Lücke) umgehend eingeleitet.

Die Rundfunkanstalten führen gegenwärtig gemeinsam mit der Deutschen Bundespost die Frequenzkoordination für die Belange der Fernsehrestversorgung und der lokalen Fernsehfrequenzen für andere Programmträger durch. Dabei gehen sie nach wie vor von der Priorität der Fernsehrestversorgung aus. ARD-Presseinformation

Neuer Timebase-Korrektor von Bell & Howell

Bei der Aufnahme eines Videosignals auf einen Videorecorder läßt es sich nicht verhindern, daß mechanisch bedingte Fehler erzeugt werden, wie z. B. Gleichlaufschwankungen (Wow und Flutter), Geschwindigkeitsänderungen, gyroskopische Fehler oder Änderungen in der mechanischen Bandlänge durch Temperaturunterschiede zwischen Aufnahme und Wiedergabe oder Banddehnungen. Das Resultat aller dieser Fehler sind Zeitfehler im Videosignal-Ausgang des Videorecorders. Hier werden nun Timebase-Korrekturen (TBCs) notwendig. Ihre Aufgabe ist es, Zeitfehler im Ausgangssignal der Videorecorder auszugleichen und diese synchron zu anderen Signalquellen zu legen.

Will man ein VTR-Signal mit dem Signal einer anderen Videoquelle mischen, einen Titel hinzufügen und Programmbänder zuschneiden, benötigt man also einen TBC. Einfachstes Beispiel wäre das Editieren oder Kopieren mit zwei Videorecordern. Heute wird die Realisierung eines TBC digital gelöst, denn die von analogen in digital umgewandelten Werte stellen eine grobe Signalform dar, die gegen Rauschen und Verzerrungen unempfindlich ist und die bis zu ihrer originalen Form regeneriert werden kann. Bell & Howell-Pressinformation



Die digitalen TBCs arbeiten als Pufferspeicher. Hier unterscheidet man wieder unter Halbleiterspeicher und Vollbildspeicher. Um einen Qualitätsunterschied zwischen Eingangs- und Ausgangssignal zu vermeiden, ist bei einem digitalen TBC eine hohe Speicherkapazität erforderlich. Eventuell scheiterte es bis jetzt an den hohen Anschaffungskosten für den Einsatz eines TBC. Dem kann Bell & Howell Abhilfe verschaffen, und zwar mit dem CEL P 147-20 und der dazugehörigen Digitaleffekt-Kontrolleinheit CEL P 151-12.

Der CEL P 147-20 ist nicht nur ein 7-Bit-TBC, sondern gleichzeitig ein hochwertiger Vollbildspeicher. Das Speichervermögen des CEL P 147-20 liegt bei 287 Zeilen pro Halbbild. Zusammen mit der passenden Digitaleffekt-Kontrolleinheit von CEL, der P 151-12, eröffnet sich erst die Vielfalt digitaler Effekte. Bell & Howell-Pressinformation

Bosch und Philips gründen gemeinsame Gesellschaft für Fernsehstudioausrüstung

Die Robert Bosch GmbH, Stuttgart, und die N. V. Philips Gloeilampenfabrieken, Eindhoven, Niederlande, haben am 2. Juli 1986 einen Vertrag über die weltweite Zusammenarbeit auf dem Gebiet der Fernsehstudioausrüstung geschlossen, um ihre Aktivitäten auf diesem Gebiet gemeinsam weiterzuführen und auszubauen. Zu diesem Zweck wurde eine Gesellschaft mit dem Namen BTS - Broadcast Television Systems GmbH mit Sitz in Darmstadt gegründet, an der Bosch mit 70 Prozent und Philips mit 30 Prozent beteiligt ist. Die Zustimmung des Bundeskartellamts liegt vor. Die insgesamt 2400 bei Bosch und Philips im Bereich Fernsehstudioausrüstung tätigen Mitarbeiter, davon etwa 2000 bei Bosch, werden von der neuen Gesellschaft übernommen.

Bosch bringt, wie bereits in Heft 1 der RTM anlässlich der Unterzeichnung der Absichtserklärung gemeldet, in das neue Unternehmen den Geschäftsbereich Fernsehstudios, Darmstadt, und - vorbehaltlich der Zustimmung der amerikanischen Federal Trade Commission - die Video Equipment Division der Robert Bosch Corporation in Salt Lake City, Utah, USA, ein und Philips die Entwicklungs- und Fertigungseinrichtungen in Breda, Niederlande, sowie die Vertriebsgesellschaft Philips Television Systems Inc. in Mahwah, New Jersey, USA. Geschäftsführer der BTS - Broadcast Television Systems GmbH sind Stephan Peitzmann, Egon Buchinger und Dr. Arwed-Ralf Grenzbach (bisher Bosch - Geschäftsbereich Fernsehstudios) sowie K. H. A. de Lange (bisher Philips). Bosch-Pressinformation

Joint-Venture Philips - Studer unterzeichnet

Am 8. Juli 1986 haben Philips und Studer das unlängst bereits angekündigte Joint-Venture-Abkommen für Forschung und Entwicklung von Compact-Disc-bezogenen professionellen Studiosystemen unterzeichnet. An der neu gegründeten gemeinsamen Firma Studer und Philips CD Systems AG mit Sitz in Regensdorf (Schweiz) sind die beiden Partner zu je 50 Prozent beteiligt. Auch das Management setzt sich hälftig aus Vertretern der beiden Partner zusammen; Präsident und Delegierter des Verwaltungsrats ist Dr. h. c. Willi Studer, Direktor ist Dr. Pieter Berkhout (Philips).

Die Entwicklung neuer Produkte erfolgt durch die Joint-Venture-Firma unter Ausnützung der bei den Mut-

tergesellschaften vorhandenen Mittel nach gemeinsamen, produktorientierten Zielen. Diese Ziele werden auch die Voraussetzungen für die Vertriebsstrategie bei zukünftigen Produkten bilden.

Studer-Pressinformation

Wiederwahl von Prof. Albert Scharf zum Präsidenten der UER

Auf der 37. Generalversammlung der Union der Europäischen Rundfunkanstalten (UER) in Bournemouth ist am 7. Juli Professor Albert Scharf, stellvertretender Intendant und Justitiar des Bayerischen Rundfunks, ohne Gegenstimmen auf weitere zwei Jahre zum Präsidenten der UER gewählt worden.

ARD-Pressinformation

PERSÖNLICHES

Ehrungen der FK TG

Die Fernseh- und Kinotechnische Gesellschaft e. V. hat auf der 12. Jahrestagung vom 2. bis 6. Juni 1986 in Mainz folgende Ehrungen vorgenommen:

Dr.-Ing. Wolf-Peter Buchwald, Braunschweig, wurde der mit 3000,- DM dotierte **Rudolf-Urtel-Preis** zuerkannt. Die FK TG wertete seine Arbeit „Analyse von Halbleiter-Farbfernsehkameras erhöhter Bildauflösung“ als eine bemerkenswerte Leistung, die den Weg zur Qualitätssteigerung und damit Studioanwendung einer 3-Chip-Farbfernsehkamera weist.

Ing. (grad.) Johannes Webers, München, erhielt die **Oskar-Messter-Medaille** 1985 für seine herausragenden Leistungen auf dem Gebiet der Kinotechnik, die von der Einführung der 4kanaligen stereofonischen Tonaufnahmetechnik bis zur kombinierten Anwendung von Film- und Videotechnik in der Produktion reichen.

Dipl.-Ing. Christoph Geyer, Hamburg, wurde mit der **Oskar-Messter-Medaille** 1986 ausgezeichnet für seine hervorragenden Verdienste um den technischen Fortschritt im Kopierwerk, insbesondere für die Entwicklung von Flüssigkeitskopiersystemen für Kopiermaschinen und Filmabtaster.

Prof. Dr. h. c. mult. Manfred von Ardenne, Dresden, wurde die **Richard-Theile-Goldmedaille** 1985 übergeben. Die FK TG würdigte seine Pionierleistungen bei der Einführung des rein elektronischen Fernsehens und den fachübergreifend arbeitenden Forscher, der in vielen Disziplinen großartige Erfolge erzielen konnte.

Zu **Ehrenmitgliedern** wurden ernannt:

Dipl.-Ing. Wolfgang Grau, Berlin, für seine besonderen Verdienste, die er sich durch die Weiterentwicklung der Ton- und Filmtechnik sowie die Förderung der Normung auf nationaler und internationaler Ebene erworben hat.

Dipl.-Ing. Rudolf Kaiser, München, für seine besonderen Verdienste, die er sich durch die Förderung der FK TG und die Einführung des Stereotons im Fernsehen erworben hat.

Prof. Dr.-Ing. Helmut Schönfelder, Braunschweig, wurde bereits im April 1986 zum Ehrenmitglied ernannt für die außerordentlichen Verdienste, der er sich durch umfangreiche Forschungs- und Entwicklungsarbeiten auf dem Gebiet der analogen und digitalen Fernsehtechnik erworben hat. Darüber hinaus ehrte sie den Hochschullehrer, der durch persönlichen Einsatz das theoretische und praktische Wissen um die Fernsehtechnik den Studierenden nahe bringt.

Christian Haas 60 Jahre alt

Am 19. April 1926 wurde der Sicherheitsingenieur des ZDF, Christian Haas, in Schonach im Schwarzwald geboren. Somit konnte er dieses Jahr seinen 60. Geburtstag feiern und dabei auf ein abwechslungsreiches und erfolgreiches Berufsleben zurückblicken.

Trotz Unterbrechung infolge Wehrmachtseinzug und Gefangenschaft konnte er sein 1946 begonnenes Studium an der Staatlichen Fachhochschule für Feinwerktechnik in Furtwangen fortsetzen. Nach praktischen Erfahrungen bei privaten Firmen begann er 1948 seine Laufbahn beim Rundfunk. Er trat beim Südwestfunk in die Labortechnik ein, wurde später Toningenieur und dann 1953 Meßingenieur sowie gleichzeitig Ü-Wagen-Leiter im Fernsehbereich. Zwei Jahre danach wurde er Vertreter des Abteilungsleiters der Bildmeßtechnik (Studio).

Als Christian Haas 1962 vom ZDF als Betriebsingenieur übernommen wurde, hatte er diese Tätigkeit und die Betriebsaufsicht auch schon zuletzt beim SWF wahrgenommen. Aufgrund seiner hervorragenden Fähigkeiten übernahm er beim ZDF alsbald die Abteilung Technische Produktionsüberwachung und wurde dann 1967 zum Oberingenieur ernannt. 1970 wurde sein Arbeitsbereich in die Abteilung Technischer Sende- und Studiobetrieb der Zentrale integriert und er selbst zum Leiter des erweiterten Bereiches bestellt. Zusätzlich beschäftigte ihn nach wie vor die Leitung des Baustabes der Arbeitsgruppe Fernsehtechnische Planung des neuen ZDF-Sendezentrums auf dem Lerchenberg – er hat aber diese Tätigkeit 1971 auf eigenen Wunsch aufgegeben.

Nachdem sich Christian Haas ein volles Dutzend Jahre um die Leitung des Technischen Sende- und Studiobetriebes durch unermüdlichen und kompetenten Einsatz verdient gemacht hatte, dabei auch 1973 sein 25jähriges Dienstjubiläum feiern konnte, stellte er sich 1983 einer neuen und verantwortungsvollen Aufgabe – der Intendant, Prof. Stolte, berief ihn auf den Posten des Sicherheitsingenieurs. Sein Engagement und seine Betriebs Erfahrung waren und sind Garantie für ein verantwortungsbewußtes und wirkungsvolles Ausfüllen dieser bedeutungsvollen Position.

Dieser Abriß seines beruflichen Werdeganges kann nicht geschlossen werden, ohne auf die zahlreichen Mitgliedschaften in wichtigen Ausschüssen, Kommissionen, Vereinigungen und Fachverbänden hinzuweisen sowie auf seine ehrenamtliche Tätigkeit als Ortsvorsteher im Stadtteil Mainz-Lerchenberg, die er seit 1984 ausübt. Allein diese kurze Aufzählung ist symptomatisch für stetige, rastlose Tätigkeit, ist symptomatisch für Christian Haas.

Es ist überflüssig, bei solchem Werdegang und bei solchem Ehrenamt die Tugenden und Fähigkeiten einzeln aufzuzählen, die dazu prädestinieren. Deshalb möchten wir nur Anerkennung und Wertschätzung ausdrücken, verbunden mit den besten Wünschen für weiteren Erfolg und für beste Gesundheit.

Gerhard Weißhuhn

Kurt Koprolin 60 Jahre alt



Bei manchen sagt man, 60 Jahre ist kein Alter, bei manchen stimmt es wirklich. Ganz sicher trifft letzteres bei Dr. Kurt Koprolin zu. Er ist nach wie vor ein unermüdlicher, agiler und ideensprühender Kollege. Seit 40 Jahren ist er beim Österreichischen Rundfunk beschäftigt und hat dabei eine breite Palette von Aufgaben wahrgenommen.

Sehr auffallend und ausgeprägt war sein vielseitiger Bildungsdrang: 1945 kam er zum Österreichischen Rundfunk. Vorher hatte er eine ingenieurmäßige Ausbildung absolviert. Als Tontechniker und später als Tonmeister arbeitete er im Hörfunk-Betrieb. Gleichzeitig belegte er in dieser Anfangszeit am Konservatorium für Musik und dramatische Kunst zwei Jahre lang das Hauptfach Klavier und studierte auch zwei Jahre an der Hochschule für Welthandel. Damit aber noch nicht genug, 1947 begann er mit einem weiterem Studium an der Universität „Experimentalphysik“.

Das Dissertationsthema, mit dem er 1952 promovierte, war „Messung der Dielektrizitätskonstanten und des Verlustwinkels im UKW-Gebiet, speziell von biologischen Substanzen“. Weil offenbar auch das noch nicht für eine abgerundete Ausbildung reichte, hat er im Anschluß an sein Doktorat vier Semester lang Vorlesungen im Theaterwissenschaftlichen Institut der Universität besucht.

Im ORF war Kurt Koprolin nach seiner Tonmeister-Tätigkeit zur Mitarbeit beim Aufbau der Fernsehstudio-technik herangezogen worden und gehört somit zu jenen Pionieren, die seinerzeit die Basis geschaffen haben, damit es möglich war, 1955 mit dem Fernsehen offiziell in Österreich zu beginnen. Später leitete er die filmtechnische Abteilung des Produktionsbereiches und hat in dieser Zeit wesentlich dazu beigetragen, dem Film beim ORF ein entsprechendes Standbein zu geben. In der Folge wurde er Leiter der Studiobetriebstechnik im Bereich der Planung des ORF. Von dort her konnte er seine vielfältigen Erfahrungen den Produktionsbereichen zur Verfügung stellen. Schließlich wurde er – wie kann es aufgrund seines Bildungsdranges und umfangreichen Einsatzes im ORF anders sein – mit dem Aufbau der Schulung im technischen und administrativen Bereich des ORF beauftragt. Hier ist es ihm gelungen, das Schulungsbewußtsein aus dem „Dornröschenschlaf“ zu wecken, salonfähig zu machen und auf ein bemerkenswertes Niveau zu bringen.

Wir wünschen ihm zu seinem 60. Geburtstag, daß er sich seine Vitalität, Gesundheit und Freude an den ihm gestellten Aufgaben weiterhin erhält.

Harald Vostrovski

Abschied von Rudolf Kaiser



Am 25. März konnten wir noch den 70. Geburtstag unseres verehrten ehemaligen Chefs, Herrn Rudolf Kaiser, feiern. Zu diesem Ereignis wurden ihm von seinen vielen Freunden, Kollegen und ehemaligen Mitarbeitern die besten Wünsche für seine Gesundheit und noch viele glückliche Lebensjahre ausgesprochen.

Doch leider erfüllten sich diese Wünsche nicht mehr. Nur wenige Wochen nach seinem Geburtstag ist Rudolf

Kaiser nun am 19. Juni 1986 für immer von uns gegangen. Rudolf Kaiser war ein Mann mit ausgeprägten Charaktereigenschaften, von dem Prof. Karl Holzamer, der langjährige Intendant des ZDF als Vorgesetzter und Freund, anlässlich der 70. Geburtstagsfeier sagte: „Seine Eigenschaften zeigten sich in der doppelten Möglichkeit, ihm beim Namen zu rufen: Rudi Kaiser oder Kaiser Rudolf. Achtung vor ihm und gar nicht getarnter Herrschaftswille bei ihm und gebietende Autorität sind die Gründe für dieses in Mainz bleibende Denkmal. – Trotzdem darf dies nicht monarchistisch gedeutet werden. Er bleibt Demokrat, besonders gegenüber angemaßten Potentaten, ob aus Politik, aus Redaktionen, aus Film- und Fernsehstudios. – Aber gleichwohl: Ordnung muß sein, oben ist oben und unten ist unten. Und der andere: der Rudi Kaiser, der homo ludens, der musische Typ, der nicht nur mit der Technik spielt, sondern auch hervorragend auf dem Klavier und der Orgel improvisiert und sich an schönen Werken begeistert und anderen diese Begeisterung weitergibt.“

Rudolf Kaiser war Bayer, und zwar nicht nur von Geburt, sondern auch von seinem Wesen her. Er war in seiner äußeren Erscheinung kräftig gebaut, sprach einen ausgeprägten bayerischen Dialekt und hatte ein selbstsicheres Auftreten. Kennzeichnend für ihn war aber auch, daß er sich von einer als richtig erkannten Meinung nicht abbringen ließ. Seine Beharrlichkeit und sein Durchsetzungsvermögen waren letztlich wichtige Bestandteile seines Erfolgsrezeptes.

Er wurde 1916 in München geboren, wo er auch seine Schul- und Studienzeit verbrachte. Während des Krieges, den er von Anfang bis zum Ende mitmachen mußte, war er an den verschiedensten Fronten als Rundfunkingenieur und technischer Offizier im Einsatz. Nach dem Krieg arbeitete er zunächst in der Firma seines Vaters und unterhielt dann von 1948 bis 1949 ein eigenes Ingenieurbüro.

Aufbauend auf seiner Ausbildung, seinen umfassenden Kenntnissen und seiner musischen Veranlagung schlug er die Laufbahn eines Tonmeisters beim Film ein. Über die Bavaria Filmkunst AG (1949 bis 1953) und die Riva Film- und Lichttechnischen Betriebe in München (bis 1956) und die Firma Arnold & Richter führte ihn der Berufsweg 1960 zwangsläufig zum Fernsehen. Zunächst war er als Oberingenieur beim Westdeutschen Rundfunk in Köln tätig, bis er dann im Jahre 1952 zum Technischen Direktor des neugegründeten Zweiten Deutschen Fernsehens nach Mainz berufen wurde.

Beim ZDF stand Rudolf Kaiser vor der Aufgabe, mit dem Aufbau einer ersten provisorischen Sendezentrale in Eschborn bei Frankfurt zu beginnen, um überhaupt die Voraussetzungen für die Ausstrahlung eines Fernsehprogramms zu schaffen. Aufgrund der dort herrschenden Verhältnisse wurde diese Sendezentrale sehr schnell unter dem Namen „Telesibirsk“ bekannt. Am 1. April 1963, knapp 9 Monate nachdem die ersten Mitarbeiter ihren Dienst beim ZDF angetreten hatten, konnte das ZDF seinen regelmäßigen Sendebetrieb aufnehmen.

Für Rudolf Kaiser galt es jedoch sogleich das nächste Provisorium in Angriff zu nehmen, nämlich den Aufbau der Sendezentrale in Wiesbaden. Dieses zweite Provisorium wurde 1964 in Betrieb genommen und – nichts hält länger als ein Provisorium – war dann 20 Jahre lang die Sendezentrale des ZDF. Mit deren Aufbau war es aber nicht getan, denn schon aufgrund der einsetzenden technischen Entwicklungen auf dem Gebiet der Fernsehtechnik und auch in Anbetracht der stetig zunehmenden Programmweiterungen mußten die studientechnischen Einrichtungen fortwährend dem jeweiligen Stand angepaßt werden.

An dieser Stelle sind zwei wesentliche technische Neuerungen zu nennen, deren Einführung beim ZDF maßgeblich auf die Initiative von Rudolf Kaiser zurückzuführen sind, nämlich

- die Einführung des Farbfernsehens im Jahre 1967 und
- des Mehrkanaltons im Fernsehen durch das ZDF im Jahre 1981.

Ein für das ZDF weiterer bedeutender Schritt war dann die Planung und Errichtung des 3. Bauabschnittes in Mainz-Lerchenberg. Die gesamten Planungen wurden noch unter seiner Leitung durchgeführt, und somit hat er das im Jahre 1984 fertiggestellte Bauwerk noch richtungsweisend beeinflußt.

Die Interessen von Rudolf Kaiser galten aber auch der rundfunktechnischen Forschung und Ausbildung. So sorgte er dafür, daß das ZDF schon im Jahre 1964 Gesellschafter des Instituts für Rundfunktechnik und im Jahre 1966 Gesellschafter der Schule für Rundfunktechnik wurde. Ferner war er persönliches Mitglied vieler in- und ausländischer Vereinigungen. Dabei hat er sich stets

auf den unterschiedlichsten Gebieten für die technischen Belange eingesetzt. So gehörte er viele Jahre der Fernseh- und Kinotechnischen Gesellschaft und der Deutschen Kinotechnischen Gesellschaft an. Er war aber nicht nur Mitglied, sondern von Mai 1973 bis September 1974 Vorstandsbeisitzer und von September 1974 bis zum Herbst 1982, d. h. noch nach seiner Pensionierung, die im März 1981 erfolgte, zweiter Vorsitzender.

Sein persönliches Verhalten und seine Zielstrebigkeit im Durchsetzen seiner technischen Vorstellungen waren eine ständig sprudelnde Quelle der Motivation für seine Mitarbeiter. Obwohl er nicht immer ein bequemer Vor-

gesetzter war, prägte sein menschliches Verständnis für die Belange jedes einzelnen Mitarbeiters die Art der Zusammenarbeit. Seine freien Stunden gehörten der Familie und seiner Musik.

Allen, die ihm jemals begegneten, wird er unvergessen bleiben. Er war nicht nur Techniker, er war vor allem auch Mensch. Seine überragende Persönlichkeit wird uns allen ein Vorbild bleiben. Trotz seiner großen Erfolge blieb er hilfsbereit, freundlich und stets liebenswert. Wir sind ihm für vieles Dank schuldig, und wir werden ihm ein ehrendes Andenken bewahren. Für uns alle war er der „Chef“.

Wolfgang Wilhelm

Herausgeber: Institut für Rundfunktechnik GmbH, München.

ISSN 0035-9890

Schriftleitung: Prof. Dr. U. Messerschmid, Dr. H. Wilkens, Floriansmühlstraße 60, 8000 München 45; Dipl.-Ing. I. Dahrendorf, Appellhofplatz 1, 5000 Köln 1; Dr. D. Schwarze, Neckarstraße 230, 7000 Stuttgart 1; Dr. A. Ziemer, Essenheimer Landstraße, 6500 Mainz-Lerchenberg.

Redaktion: Dipl.-Ing. (FH) R. Hengstler, Dipl.-Ing. H. Mücke, Floriansmühlstraße 60, 8000 München 45, Ruf (089) 3 23 99 383, Fernschreiber 5/215 605 irtm d.

Redaktioneller Beirat: Dipl.-Ing. W. Habermann, Prof. Dr. G. Plenge, Dr. H. Roigas, Floriansmühlstraße 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 110,— 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 29. 8. 1986. Einzelpreis dieses Heftes 38,— DM. Alle Rechte vorbehalten. Nachdrucke, auch auszugsweise sowie anderweitige Vervielfältigungen sind nur mit schriftlicher Genehmigung des Verlages gestattet.

Anzeigenverwaltung: Mensing GmbH + Co KG, Schützenwall 9—11, 2000 Norderstedt, Ruf (040) 5 25 20 11 und alle Werbemittler. Zur Zeit gilt Anzeigenpreisliste Nr. 16.

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