

# 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**

*Claus Peter Pfaffinger,  
Günter Schneeberger*

Zur Gestaltung einer automatischen Qualitätsüberwachung der  
ARD-Fernsehsender

*Wolfgang Krank,  
Friedrich Stöcker*

Feldstärkevorhersage unter Benutzung einer Topographischen Datenbank  
im Versorgungsgebiet des Südwestfunks

*Günter Löber*

Automatische Überwachung der technischen Qualität von Fernsehsendern

*Horst Biehl*

Sendertechnik-Kurse für Entwicklungsländer bei der Deutschen Welle

*Gerd Petke*

Die 7. Tagung der UER-Unterarbeitsgruppe R1 (Terrestrischer Hörrundfunk)

*Leo Danilenko*

Die 1. Konferenz der Audio Engineering Society über digitale Audiotechnik

Tagungen und Ausstellungen - Buchbesprechungen - Nachrichten - Persönliches

# Automatische Programmabwicklung mit der BCN 100.



## Multikassetten-Automat mit wahlweisem Zugriff.

Die BCN 100 ist ein Multikassetten-Automat mit schnellem Zugriff im 1-Zoll-B-Format. Die Microprozessorsteuerung erlaubt eine Vielzahl von Anwendungen in der Fernsehwerbung, im aktuellen Programmbereich und in der Nachbearbeitung. Kontinuierliche Aufnahme und Wiedergabe sind weitere Einsatzformen.

## Microcomputer-gesteuertes Transportsystem.

Ein microcomputer-gesteuertes und von Koordinaten-Schrittmotoren angetriebenes System transportiert die 32 Kassetten direkt zu den Laufwerken. Ein drittes Laufwerk reduziert deutlich die Zugriffszeit und erhöht die Betriebssicherheit. Damit gibt es für die Beitragslänge praktisch keine Eingrenzung - vom Bruchteil einer Sekunde bis zu mehreren Stunden.

## Kompatibel mit jeder anderen BCN.

Die Spulen der BCN-100-Kassetten haben einen NAB-Kern. Die Beiträge können auf jeder anderen BCN vorproduziert oder nachbearbeitet werden.

## Ein optischer Zeichenleser.

Neben der Keyboard-Eingabe macht der Zeichenleser die Dateneingabe in den Computer einfach, zuverlässig und erkennbar. Er liest die alphanumerische Kennzeichnung und die Time-Code-Information direkt vom Kassettenaufkleber ab.

## Der Dialog mit der Maschine.

Ein Datensichtgerät unterstützt die Verwaltung der Schnittlisten mit Frage-Formularen für ON-AIR/ON-LINE-Sequenzen, Schnittbetrieb und kontinuierliche Aufzeichnung.

Programmdialog und flexible Beitragsänderung über eine Bearbeitungszeile sowie ein zusätzlicher externer Drucker für Schnitt- und Programmisten ermöglichen eine komfortable und schnelle Bedienung.

Der interne Speicher für 99 Schnittbeiträge kann durch einen Floppy-Disk-Speicher um 3000 Beiträge/Diskette erweitert werden.

Ein sichtbarer Suchlauf vereinfacht die Schnittpunktfestlegung. Er läßt sich zwischen extrem langsamer Bewegung und dem Zwölffachen der Normalgeschwindigkeit variieren.

Die dezentrale Prozeßsteuerung entlastet den 16-Bit-Leitprozessor von Routineaufgaben, erhöht die Reaktionszeit und stellt die Zuverlässigkeit der Software sicher.

Mit 32 Kassetten bestückt, besitzt die BCN 100 mehr als 10 1/2 Stunden Bandkapazität für automatischen Sendebetrieb, zur Aufzeichnung oder Programmbearbeitung - auch mit einer externen Master- oder Slave-Anlage.

Ein leistungsfähiges, kompaktes Bearbeitungszentrum. BCN 100. Von Bosch.

DECESSION NAMING OR MER LIST IDENTIFICATION: 0021402  
TOTAL TIME: 00:00:00:10

ID	T	IDENT	REG	END	DURATION	STATUS
01	A	000003	P12	00:04:30:24	00:04:52:00	00:00:16:11 DONE
02	B	000000	P12	00:01:05:02	00:02:24:19	00:00:10:03 DONE
03	C	111119	P12	00:01:00:14	00:01:25:01	00:00:12:13 PENDING
04	A	000003	P12	00:03:12:00	00:02:30:10	00:00:10:11 CHECK
05	B	000000	P12	00:14:56:59	00:14:49:19	00:00:12:11 CHECK
06	C	000000	P12	00:17:13:06	00:17:29:04	00:00:15:24

TIME CODE: 00:00:00:00

## INHALTSVERZEICHNIS:

Zur Gestaltung einer automatischen Qualitätsüberwachung der ARD-Fernsehsender ..... 149 Claus Peter Pfaffinger, Günter Schneeberger	Die 7. Tagung der UER-Unterarbeitsgruppe R1 (Terrestrischer Hörrundfunk) ..... 188 Gerd Petke
Feldstärkevorhersage unter Benutzung einer Topographischen Datenbank im Versorgungsgebiet des Südwestfunks ..... 162 Wolfgang Krank, Friedrich Stöcker	Die 1. Konferenz der Audio Engineering Society über digitale Audiotechnik ..... 190 Leo Danilenko
Automatische Überwachung der technischen Qualität von Fernsehsendern ..... 180 Günter Löber	Tagungen und Ausstellungen ..... 192
Sendertechnik-Kurse für Entwicklungsländer bei der Deutschen Welle ..... 187 Horst Biehl	Buchbesprechungen ..... 193
	Nachrichten ..... 198
	Persönliches ..... 200

## ZUR GESTALTUNG EINER AUTOMATISCHEN QUALITÄTSÜBERWACHUNG DER ARD-FERNSEHSENDER

VON CLAUS PETER PFAFFINGER UND GÜNTER SCHNEEBERGER<sup>1</sup>

Manuskript eingegangen am 12. Juli 1982

Sendertechnik

### Zusammenfassung

Die Qualität von Fernsehsendern kann mit einer erweiterten Prüfzeilenmeßtechnik erfaßt werden. Grundlage für die Beurteilung ist ein zweistufiges Toleranzschema. Für die Verarbeitung der Prüfzeilenmeßwerte zu sicheren Aussagen über den Qualitätszustand des Senders sind Mikrocomputer besonders geeignet.

Nach einer Erörterung der wesentlichen Anforderungen an die benötigten Geräte, vor allem an den Prüfzeilenanalysator, folgt ein Bericht über zwei vom Institut für Rundfunktechnik im Rahmen von Pilotprojekten erstellte Qualitätsüberwachungsanlagen. Dabei wird besonders darauf eingegangen, wie trotz verschiedener Probleme bei der Meßwertgewinnung zuverlässige Aussagen für den Senderbetrieb gewonnen werden können.

### Summary On the adoption of automatic quality supervision for ARD television transmitters

The quality of television transmitters can be determined by an extended insertion test-signal measurement technique. The evaluation is based on a two-level tolerance principle. Microcomputers are particularly suitable for deriving, from the results of the insertion test-signal measurements, reliable assessments regarding the state of the quality of a transmission.

After discussing the essential demands made on the equipment required, in particular, on the insertion test-signal analyser, the article continues with a report on two installations for quality supervision set up by the Institut für Rundfunktechnik within the framework of pilot projects. Particular emphasis is laid on the fact that, despite several problems regarding the obtention of measurement figures, reliable assessments can be obtained for transmitter operations.

### Sommaire Adoption d'un système de contrôle automatique de la qualité pour les émetteurs de télévision de l'ARD

La qualité des émetteurs de télévision peut être déterminée au moyen de mesures approfondies sur les signaux d'essai d'insertion. L'évaluation est basée sur le principe des tolérances à deux niveaux. Les microordinateurs se prêtent particulièrement bien à la détermination de la qualité d'une émission à partir des résultats de mesure.

Après avoir examiné les exigences auxquelles doit répondre le matériel et notamment l'analyseur de signaux d'essai d'insertion, l'article décrit deux installations de contrôle de la qualité mises en place par l'Institut für Rundfunktechnik dans le cadre d'un projet pilote. On insiste particulièrement sur le fait qu'en dépit de difficultés pour obtenir des résultats de mesure, il est possible d'évaluer de manière fiable la qualité de fonctionnement des émetteurs.

### 1. Aufgaben und Möglichkeiten der Qualitätsüberwachung

Ohne Zweifel sind moderne Fernsehsenderanlagen sehr zuverlässig. Die seltenen Unterbrechungen der Ausstrahlung sind meist auf wenige Sekunden oder

Minuten beschränkt. Dies wird erreicht, indem neben dem Betriebssender ein zweiter Sender in sogenannter passiver Reserve bereitsteht. Eine Automatik überwacht ständig den Betriebssender und schaltet bei fehlender Ausgangsleistung auf den Reservesender um. Durch eine unverzügliche Reparatur kann weiterhin die Sicherheit der Ausstrahlung gewährleistet werden.

Eine mangelhafte Bildqualität ist für den Fernsehteilnehmer zwar von weit geringerer Bedeutung

<sup>1</sup> Dipl.-Ing. Claus Peter Pfaffinger und Dipl.-Ing. Günter Schneeberger sind Wissenschaftliche Mitarbeiter im Arbeitsbereich Automationstechnik Sendermeßtechnik im Institut für Rundfunktechnik, München.

als eine totale Empfangsunterbrechung, dennoch müssen die Rundfunkanstalten auf eine hohe Qualität des abgestrahlten Signals bedacht sein. Erfolgt die deshalb nötige Überwachung der Qualität nur im Rahmen von turnusmäßigen Wartungen, so kann es geschehen, daß plötzlich auftretende Qualitätsfehler zuerst von den Fernsehteilnehmern bemerkt werden. Dies muß bei großen Versorgungsgebieten als kaum vertretbarer Mangel angesehen werden.

An bemannten Fernsehsenderstationen lassen sich Qualitätsbeeinträchtigungen des gesendeten Signals mit Monitoren und Oszilloskopen beobachten. Sehr hilfreich ist dabei die Prüfzeilentechnik. Sie erlaubt einem sachkundigen Betrachter, die Qualität des untersuchten Signals unabhängig vom Bildsignalinhalt zu erkennen. Eine rasche und objektive Beurteilung des Signals ermöglichen automatische Prüfzeilenanalysatoren (PZAs). Die Lokalisierung einer Fehlerursache und eventuelle Abhilfen werden damit dem Senderpersonal auch während des laufenden Programms erleichtert.

Bei unbemannten Stationen bietet die Prüfzeilentechnik die Möglichkeit der Fernüberwachung, indem man z. B. die Meßergebnisse eines PZA vom Senderstandort zur Überwachungsstelle übermittelt. Liegen die topographischen Verhältnisse sehr günstig, so kann auch über eine hochwertige Empfangsanlage am Überwachungsort die Qualität des gesendeten Bildsignals abgeschätzt werden. Für die Überwachung von Umsetzern in schwer zugänglichem Gelände wird in [1] eine Modifikation dieses Verfahrens vorgeschlagen. An turnusmäßig anzufahrenden Referenzorten wird das empfangene Bildsignal beurteilt.

Sowohl bei bemannten als auch bei unbemannten Stationen müssen die anfallenden Daten des PZA zu Aussagen der Art „In Ordnung“ oder „Eingriff nötig“ verarbeitet werden. Besonders bei der zentralen Überwachung mehrerer Stationen ist diese Informationsreduzierung unabdingbar. Es ist sinnvoll, diesen Vorgang mit der Datengewinnung zu verbinden und zu automatisieren. Dadurch wird das Personal von eintönigen Arbeiten befreit und eine lückenlose Überwachung gewährleistet. Die wesentlichen Aspekte zur Gestaltung einer solchen automatischen Qualitätsüberwachung für ARD-Fernsehsender werden im folgenden dargestellt. Dabei wird nur das Gewinnen von zuverlässigen Aussagen über den Qualitätszustand betrachtet und nicht die daran anzuschließenden Maßnahmen, da in der Bundesrepublik vorerst nicht erwogen wird, etwa qualitätsbedingte Senderablösungen automatisch durchzuführen.

#### 1.1. Anlagenüberwachung im Gegensatz zur Signalüberwachung

Der Übertragungsweg vom Studio zum Heimempfänger ist in verschiedene Verantwortungsbereiche geteilt. Den jeweils Verantwortlichen muß in erster Linie interessieren, ob in seinem Bereich ein Fehler vorliegt oder nicht. Dabei ist die Annahme zugrundegelegt, daß bei lauter fehlerfreien Abschnitten auch die gesamte Übertragungstrecke einwandfrei ist. Bei entsprechend engen Toleranzen der einzelnen Abschnitte ist dies in der Regel der Fall. Abschnittsweise eingeblendete Prüfzeilen erlauben es, auf den

Zustand des jeweiligen Abschnitts zu schließen. Notwendige Abhilfemaßnahmen können deshalb sofort auf den fehlerhaften Abschnitt konzentriert werden.

Die das Programmsignal vom Studio her begleitenden Ursprungs- oder Quellenprüfzeilen weisen die gesamten Signalbeeinflussungen der Einzelabschnitte auf und repräsentieren am Senderausgang die Qualität des abgestrahlten Signals. Sie können zur Funktionsüberwachung des Modulationsweges oder für Dokumentationszwecke herangezogen werden. Zur Überwachung der Qualität der einzelnen Streckenabschnitte sind die Ursprungsprüfzeilen nur wenig tauglich, da eine Fehlerlokalisierung nach mehreren Abschnitten kaum mehr möglich ist, zumal der Modulationsweg sich immer wieder ändert. Qualitätsfehler am Beginn der Strecke werden an allen angeschlossenen Stationen erkannt und die Überwachungszentren würden mit Fehlermeldungen überschwemmt werden. Ein weiterer Nachteil einer Überwachung der Ursprungszeilen ist, daß gegenläufige, sich kompensierende Fehler nicht erkannt werden.

Einen Abschnitt der Übertragungstrecke in diesem Sinn stellt auch der Fernsehsender dar. Zu seiner laufenden Überwachung während des Programms braucht man eine gegenüber den Bedürfnissen der Studientechnik etwas erweiterte Prüfzeilenmeßtechnik.

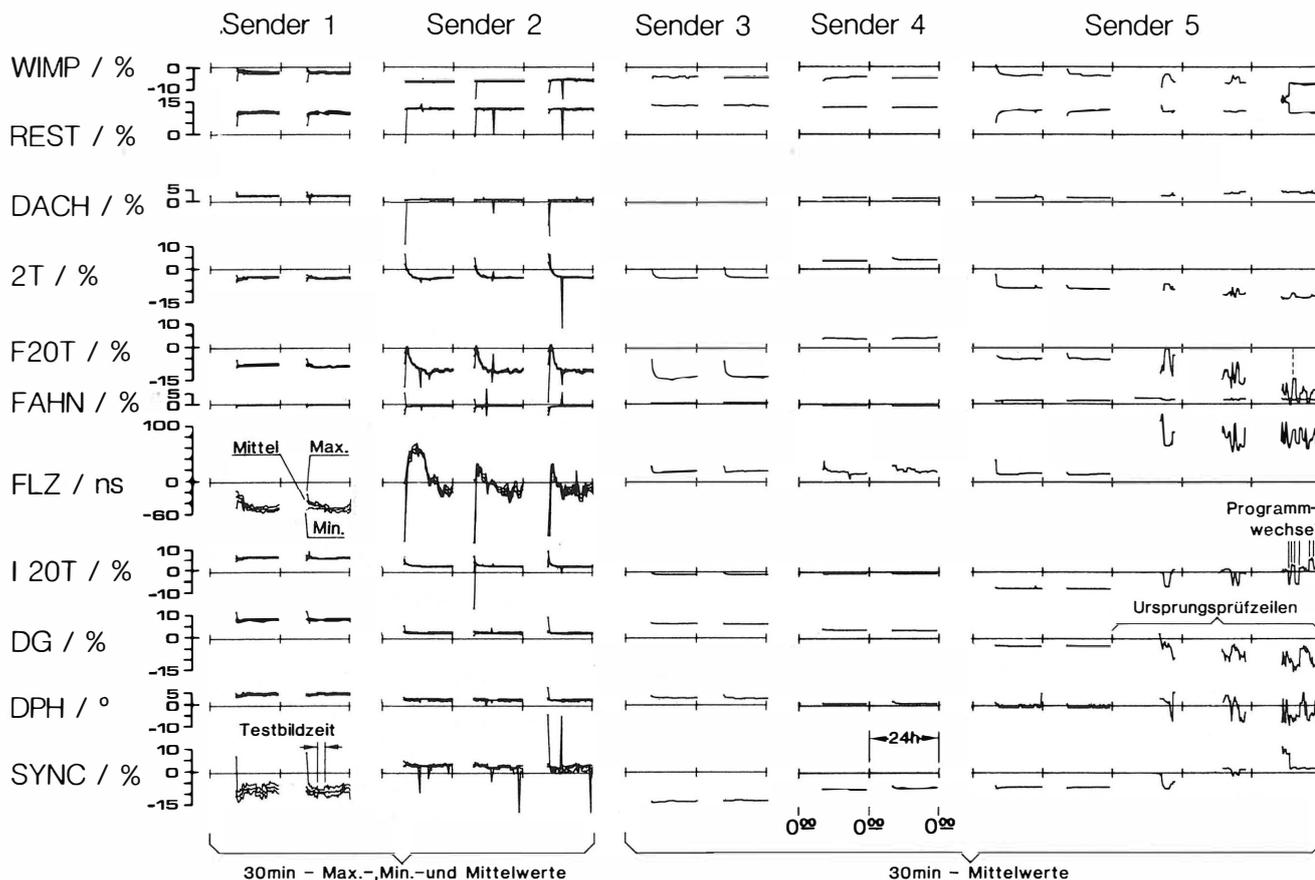
#### 1.2. Berücksichtigung der Organisation der ARD-Fernsehsender

In der Regel ist ein ARD-Sender für ein Fernsehprogramm mit Sendern für mehrere Hörrundfunkprogramme zu einer Station vereinigt. Ein verantwortlicher Stationsleiter ist mit der Historie und den individuellen Eigenschaften seiner Anlagen vertraut. Problemfälle sind daher bekannt und brauchen nicht durch Qualitätsüberwachungseinrichtungen aufgespürt zu werden. Zur schnellen Entdeckung erstmals auftretender Fehler, seien sie durch Drift oder spontane Defekte verursacht, eignet sich eine ständig arbeitende, automatische Überwachung.

Die Zuführung des Programmsignals zu den ARD-Sendern erfolgt meist im Verantwortungsbereich der Deutschen Bundespost. Die Überwachung des letzten Zubringerabschnitts kann von den zukünftigen Stationsüberwachungsanlagen der ARD als Dienstleistung übernommen werden.

Für die Überwachung des Senders, des letzten Leitungsabschnittes und auch des Ballempfangsweges gilt gleichermaßen der Grundsatz, daß Meldungen nur bei Signalstörungen abzugeben sind, die tatsächlich von Gerätefehlern im Verantwortungsbereich des jeweiligen Meldungsempfängers herrühren. So gibt es z. B. eine Reihe von meist kurzzeitigen Signalstörungen, die durch Umschalten des Modulationsweges oder der Senderanlage verursacht werden, aber nicht durch Fehler in diesen Anlagen.

Werden die Fehler des Signals genau erfaßt, so liegt der Gedanke an eine automatische Korrektur durch Nach- oder Vorentzerrung nahe. Dagegen läßt sich einwenden, daß schwere Qualitätsfehler selten auftreten, die Sicherheit des Übertragungsweges jedoch ständig durch die Korrektoreinrichtungen zusätzlich beeinträchtigt wäre. Außerdem besteht die Gefahr, daß die Reparatur größerer, aber noch korrigierbarer Fehler unterbleibt. Darum werden der-



**Bild 1**

**Beispiele für Tagesverläufe der Qualitätsparameterwerte von fünf Fernsehsendern**

Die Kurven setzen sich aus den Mittelwerten über je 30 Minuten zusammen

Bei den Sendern 1 und 2 sind zusätzlich die Maximal- und die Minimalwerte während dieser Zeit dargestellt  
Beim Sender 5 sind auch die Verläufe der Parameterwerte der Ursprungsprüfzeilen am Senderausgang abgebildet

- |                                 |                                 |
|---------------------------------|---------------------------------|
| WIMP = Weißimpulsabweichung     | FLZ = 20T-Farbträgerlaufzeit    |
| REST = Restträger               | I20T = 20T-Intermodulation      |
| DACH = Weißimpulsdachschräge    | DG = Differentielle Verstärkung |
| 2T = 2T-Impulsabweichung        | DPH = Differentielle Phase      |
| F20T = 20T-Farbträgerabweichung | SYNC = Synchronimpuls           |
| FAHN = Weißimpulsfahne          |                                 |

zeit am Sendereingang nur Pegelfehler ausgeglichen und die Synchronimpulse regeneriert.

**1.3. Qualitätsfehler und Toleranzen**

Während ein Fernsehsender bei seiner Installation die Pflichtenheftsforderungen erfüllen muß, läßt man im Betrieb größere Abweichungen zu. Die hierfür festzulegenden Grenzen müssen u.a. an folgenden Fragen orientiert sein:

- Welche Verzerrungen sind im Hinblick auf die Qualität beim Fernsehteilnehmer noch zulässig?
- Welche Grenzen bringen beim gegenwärtigen Stand der Sendertechnik ökonomisch vertretbare Wartungsintervalle?
- Mit welchen Grenzen kann man dem Auftreten von teilnehmerrelevanten Störungen vorbeugen?

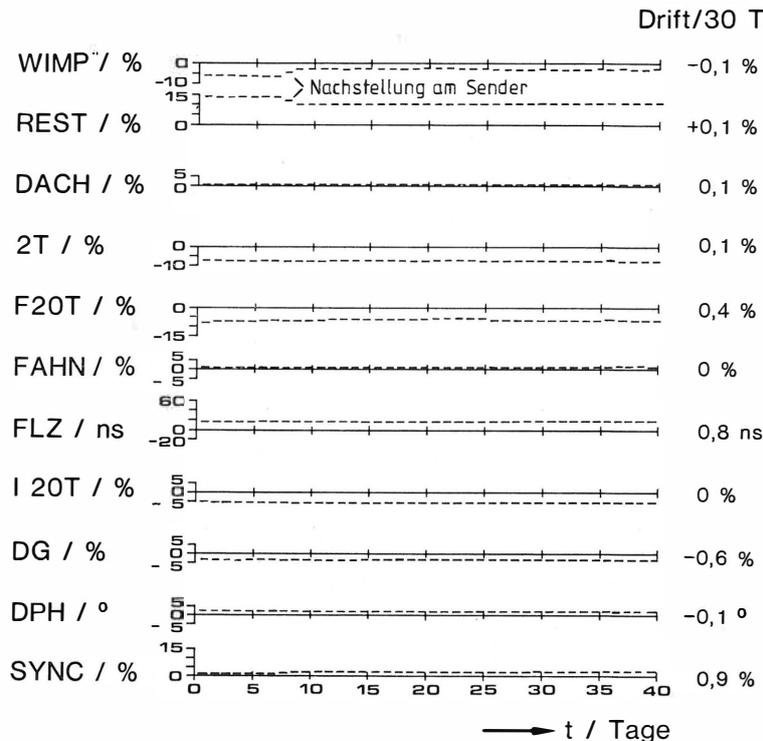
In der Vergangenheit wurden verschiedene Lösungen vorgeschlagen [2, 3]. Ihr gemeinsamer Kern ist ein zweistufiges Toleranzschema. Das Überschreiten sogenannter „Innerer Toleranzen“ fordert die gelegentliche Wartung, stellt jedoch den ordnungsge-

mäßen Betrieb der Übertragungsstrecke zunächst noch nicht in Frage. Beim Überschreiten von sogenannten „Äußerer Toleranzen“ dagegen ist eine gravierende Beeinträchtigung des Teilnehmerempfangs zu befürchten und daher eine unverzügliche Reparatur nötig.

In [4] findet man einen ausführlichen Vorschlag für solche zweistufige Toleranzschemata zur Leitungs- und Senderüberwachung, die von einer Arbeitsgruppe, bestehend aus Vertretern der bundesdeutschen Rundfunkanstalten und der Deutschen Bundespost, erarbeitet wurden.

**2. Qualitätsregistrierung an einigen ARD-Fernsehsendern**

Über eine Registrierung der Verzerrungen von Prüfzeilen, die am Beginn des letzten Leitungsschnittes eingeblendet und am Senderausgang gemessen wurden, wird in [5] berichtet. Um einen unmittelbaren Einblick in das Qualitätsverhalten mehrerer Fernsehsender zu bekommen, registrierte das

**Bild 2**

Verlauf der Tagesmittelwerte von Qualitätsparametern an einem stabilen Fernsehsender  
Die Driftwerte wurden durch lineare Regression aus den Tagesmittelwerten errechnet  
Abkürzungen wie in Bild 1

IRT in Zusammenarbeit mit der erwähnten Arbeitsgruppe jeweils mehrere Wochen lang Prüfzeilenmeßwerte an fünf ARD-Fernsehstationen. Dazu wurden am Sendereingang eingblendete Prüfzeilen von einem PZA am Senderausgang ausgewertet und die Daten einem Mikrocomputer übergeben. Dieser errechnete von allen gemessenen Parametern die Mittelwerte über jeweils eine halbe Stunde Meßzeit und speicherte sie zusammen mit den während dieser Zeit aufgetretenen Maximal- und Minimalwerten auf Magnetband [6].

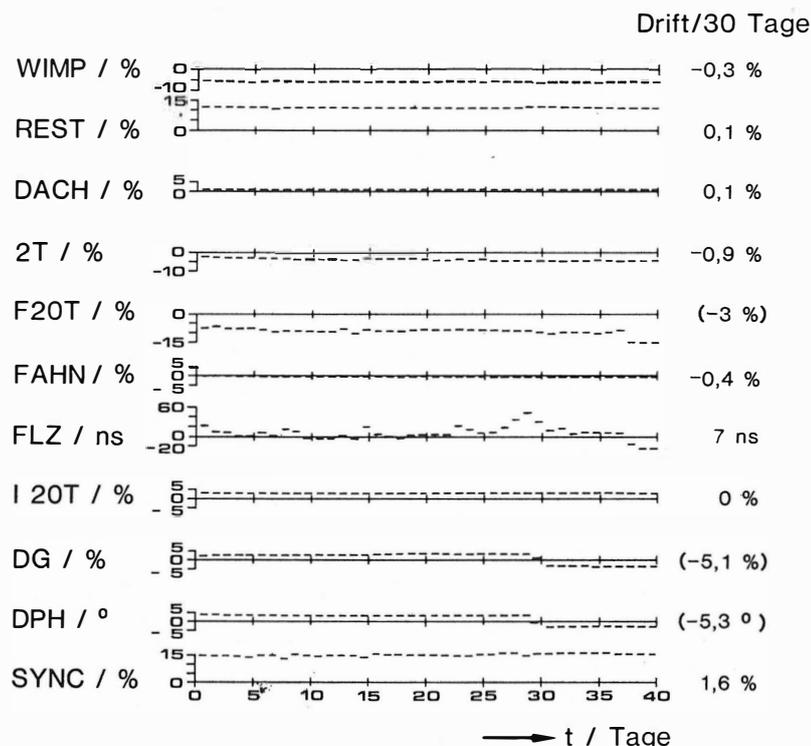
**Bild 1** zeigt typische Tagesverläufe dieser Werte. Die halbstündige Einlaufzeit nach dem Einschalten der Sender ist nicht dargestellt. Die Kurven von Maximal-, Mittel- und Minimalwerten weichen während der Programmzeit zum Teil deutlich voneinander ab (Sender 1 und 2) und weisen so auf eine Abhängigkeit der Meßwerte vom Bildsignalinhalt hin. Aber auch bei stationärem Bild (Testbild) traten geringe Schwankungen auf. Bei Schaltvorgängen auf der Modulationszubringerstrecke ergaben sich beim Sender 2 einzelne, weit abliegende Meßwerte. Sie können durch Meßfehler aufgrund von Synchronisationsproblemen erklärt werden. Solche Meßwerte dürfen daher weder bei der Qualitätsüberwachung noch beim Erstellen einer Qualitätsstatistik berücksichtigt werden. Bei den in **Bild 1** außerdem dargestellten Tagesverläufen der Meßwerte der Ursprungsprüfzeilen am Ausgang des Senders 5 sind an den Werten des Weißimpulses, des Restträgers und des Synchronimpulses auch die Schwankungen des Signalpegels sichtbar, da die am Sendereingang übliche Regelung und Synchronregeneration abgeschaltet

war. Deutlich erkennt man die bei Programmwechsel erfolgten Streckenumschaltungen an den sich stark ändernden Werten. Daneben weist der Parameter „20T-Farbträgerabweichung“ über die drei dargestellten Tage hinweg eine fallende Tendenz auf. (Dieser Streckenfehler war am folgenden Tag behoben.)

**Bild 2** zeigt die Tagesmittelwerte eines beinahe driftfreien Senders über eine Zeit von vierzig Tagen. Sein konstantes Verhalten war auch für zwei weitere der fünf untersuchten Doppelsenderanlagen typisch, wenn man von Änderungen aufgrund von Reparaturen nach Ausfällen absieht. In **Bild 3** sind die entsprechenden Werte des unstabilsten der untersuchten Sender dargestellt. Das Verhalten des Parameters „Laufzeit“ war bekannt, jedoch nicht besser beherrschbar. Für die sprunghaften Änderungen der Parameter „20T-Farbträgerabweichung“, „Differenzielle Phase“ war im Stationsprotokoll keine Ursache erkennbar, so daß sie als Drift aufgefaßt wurden und entsprechend hohe (in Klammern gesetzte) Werte ergaben.

Die Ergebnisse dieser Meßaktion lassen sich zu folgenden Aussagen zusammenfassen:

- Fernsehsender, die nach modernen Konzepten gebaut sind, lassen eine geringe Langzeitdrift der Qualitätsparameter erwarten.
- Manche Sender zeigen deutliche Abhängigkeiten der Meßwerte vom Bildsignalinhalt.
- Einzelne Meßwerte weisen bei Streckenumschaltungen größere Abweichungen auf. Sie sind bei der Qualitätsbeurteilung nicht zu berücksichtigen, sondern als Meßfehler zu werten.



**Bild 3**

Verlauf der Tagesmittelwerte von Qualitätsparametern an einem (relativ) unstabilen Sender  
Abkürzungen wie in Bild 1

- Gelegentlich auftretende Senderausfälle kündigen sich im allgemeinen nicht in den vorhergehenden Qualitätsmeßwerten an.
- Meßwerte der Ursprungsprüfzeilen zeigen erheblich größere Schwankungen als die der Abschnittsprüfzeilen an den Sendern.
- Die im Tagesverlauf auftretenden Schwankungen bei Ursprungsprüfzeilen resultieren aus den unterschiedlichen Streckenführungen.

### 3. Apparative Ausrüstung

Für die Qualitätsüberwachung von Fernsehsendern werden im wesentlichen vier Geräte benötigt: ein Prüfzeilengenerator zusammen mit einem Einblendgerät, ein Meßstellenwahlschalter zur Anwahl der Meßpunkte vor und nach dem Sender, ein Prüfzeilenanalysator und ein Mikrocomputer, der diese Geräte steuert und die Meßwerte verarbeitet. Da für den Meßstellenwahlschalter keine besonderen Anforderungen bestehen, werden im folgenden nur die übrigen Geräte besprochen.

#### 3.1. Prüfzeilenanalysator (PZA)

Richtlinien zur automatischen Auswertung von Prüfzeilen findet man in der CCIR-Empfehlung 569-1 [7]. Sie gibt Auswerteverfahren für die einzelnen Parameter im Hinblick auf die Videomeßtechnik an. Bei der trägerfrequenten Übertragung sind darüber hinaus einige Besonderheiten zu beachten:

- Signalpegel, die über den Weißwert hinausgehen, werden vom Weißbegrenzer vor dem Sendereingang begrenzt. Die Farbträgerüberlagerung des

Treppensignals im CCIR-Prüfzeilensignal 330 überschreitet auf der fünften Stufe den Weißwert. Darum muß im PZA die Auswertung auf vier Treppenstufen beschränkt sein, wie es der üblichen Sendermeßtechnik entspricht.

- Die Größe des Restträgers ist für einen optimalen Differenzträger-Tonempfang ein äußerst wichtiger Qualitätsparameter. Sie kann aus Messungen am Weißimpuls und an der „Nulltaststelle“ als ein auf den Synchronwert des RF-Signals bezogener Wert ermittelt werden. Prüfzeilenmessungen am Sender sind nur zusammen mit Synchronmeßmodulatoren sinnvoll. Bei den von ihnen gelieferten Signalen können Übermodulationen aus dem negativen Vorzeichen des Restträgerwertes erkannt werden. Schließlich ist auch die Synchron-

---

Restträger  
Synchronimpuls  
Weißimpulsdachschräge  
Weißimpulsfahne  
2T-Impulsabweichung  
2T-K-Faktor  
20T-Farbträgerabweichung  
20T-Farbträgerlaufzeit  
20T-Intermodulation  
Differentielle Verstärkung

---

**Tabelle 1**

Parameter für die Qualitätsüberwachung von Fernsehsendern

impulsgröße auf den Synchronwert des RF-Signals zu beziehen.

**Tabelle 1** zeigt nach [4] einen Vorschlag zu einer minimalen Parameterliste. Nichtlineare Verzerrungen werden mit den Parametern „Differentielle Verstärkung“ und „20T-Intermodulation“ erfaßt. Der Parameter „Differentielle Phase“ ist nicht enthalten, da er beträchtlichen Aufwand erfordert, seine Änderungen meist mit denen der „Differentiellen Verstärkung“ einhergehen und Störungen im Bild dank des PAL-Verfahrens erst bei relativ großen Fehlern auftreten. Die Parameter „Weißimpulsfahne“ und „Weißimpulsdachschräge“ zeigen Verzerrungen bei Schwarz- und Weißpegeln an. Dabei kommt der Fahne wegen ihrer stärker sichtbaren Auswirkung die größere Bedeutung zu. Die „2T-Impulsabweichung“ kann leicht erfaßt werden. Sie ist aber nicht so wichtig wie Vor- oder Nachechos des 2T-Impulses. Besonders im Hinblick auf die Übertragung von Videotext- und Datenzeilensignalen muß die Überwachung dieser Verzerrungen gefordert werden. Ihre Bewertung als „2T-K-Faktor“ liegt zwar fest, jedoch liefert die erwähnte CCIR-Empfehlung noch keine Angaben zur automatischen Erfassung.

Das Signal/Rauschverhältnis erscheint im Rahmen der Senderqualitätsüberwachung nicht von Bedeutung, da Rauschquellen im Sender kaum im Lauf der Betriebszeit entstehen. Wird jedoch auch die betriebsmäßige Modulationsleitung überwacht, so sollte auch dieser Parameter erfaßt werden.

Alle in **Tabelle 1** aufgeführten Parameter können mit einem Prüfzeilenpaar (CCIR-Prüfzeilensignale 17/330) erfaßt werden. Ein weiteres Prüfzeilenpaar liefert für die Sendermeßtechnik keine wesentlich anderen Informationen, wenn es mit den international dafür vorgesehenen Signalen (CCIR-Prüfzeilensignale 18/331) belegt ist. An ihre Stelle könnten jedoch z. B. spezielle Signale zur Qualitätsüberwachung von Umsetzern treten.

Aus der Sicht der Qualitätsüberwachung braucht die Genauigkeit des PZA nicht sehr hoch zu sein, da nur zu entscheiden ist, ob vorgegebene Toleranzgrenzen überschritten sind oder nicht. Diese Grenzen sind aber nicht exakt ableitbar und erhalten daher willkürlich gerundete Werte. Außerdem weist auch der vorgeschaltete Meßdemodulator Fehler auf, so daß der exakte Wert des abgestrahlten Signals ohnehin nicht erfaßbar ist. Als Richtwerte für eine ausreichende Meßgenauigkeit in der Nähe der Toleranzgrenzen können parameterabhängig 5 bis 10 % relativer Meßfehler gelten.

Von mehreren europäischen Herstellern werden PZAs angeboten. Die Konzeptionen dieser Geräte liegen mehrere Jahre zurück und basieren u. a. auf Arbeiten der BBC und des IRT. Das verwendete Prinzip ist bei allen Geräten gleich: Mit Abtast-Halteschaltungen werden die für jeden Parameter wichtigen Werte des Prüfzeilenverlaufs erfaßt und mit Analogschaltungen zu einer dem Meßwert proportionalen Spannung verarbeitet. Anschließend liefert ein Analog-Digital-Wandler die Meßwerte in digitaler Form.

Die Anpassung dieser PZAs an sendertechnische Belange ist in unterschiedlichem Maß gegeben. So

findet man die Restträgermessung nur in zwei Geräten. Der allgemein als wichtig erachtete Parameter „2T-K-Faktor“ wird nur von einem Gerät angeboten, zwei andere bieten einfachere Ersatzgrößen an. Ebenso erlauben es zwei Geräte nicht, die Messung des Parameters „Differentielle Verstärkung“ auf nur vier Stufen zu beschränken. Keines der derzeit angebotenen Geräte erfüllt die hier aufgestellten Forderungen vollständig. Zwei modular aufgebaute Geräte können für eventuelle zukünftige Meßmöglichkeiten nachgerüstet werden.

Bei einem jüngeren Gerät eines amerikanischen Herstellers [8] werden bei der Meßwertgewinnung andere Wege beschritten. Der Zeitverlauf des Prüfzeilensignals wird mit Hilfe eines schnellen Analog-Digital-Wandlers als Datensatz in einem Mikrocomputer gespeichert und die interessierenden Parameterwerte werden anschließend aus dem Datensatz errechnet. Der grundsätzliche Vorteil eines solchen Verfahrens ist durch den geringen Umfang des Analogschaltungsteils gegeben; dies läßt einen ebenfalls geringen Wartungsaufwand erwarten. Außerdem kann der Mikrocomputer zugleich die Aufgaben der Steuerung und Meßwertverarbeitung übernehmen. Dem stehen der z. Z. noch sehr hohe Preis und der Mangel an Betriebserfahrung mit einem solchen Gerät gegenüber.

### 3.2. Mikrocomputer zur Steuerung und Meßwertverarbeitung

Zur Lösung der in **1.** umrissenen Aufgaben der Meßwertverarbeitung sind Mikrocomputer wegen ihres Leistungsvermögens und ihres Preises das adäquate Mittel. Außerdem fügen sie sich wegen ihres geringen Platzbedarfs leicht in vorgegebene Bauformen ein. Für die Zusammenschaltung der Qualitätsüberwachungsanlage mit dem Fernsehsender und der Fernwirkanlage müssen besondere Verbindungen geschaffen werden, z. B. über erd- und spannungsfreie Kontakte. Sie können mit dem Mikrocomputer in einem Gehäuse vereint sein. Dies führt zu übersichtlichen, kompakten Anlagen.

Handelsübliche Tischrechner sind besondere Ausführungen von Mikrocomputern und hinsichtlich Meßgerätesteuerung und Meßwertfassung vorwiegend für den international genormten „IEC-Bus“ ausgerichtet. Bei den sendertechnischen Geräten findet man bislang keine dazu passenden Anschlüsse. Zusätzlich notwendige Interfacebaugruppen heben den eventuellen Preisvorteil der Tischrechner gegenüber den speziell erstellten Mikrocomputern wieder auf.

Bei der Automatisierung von Sendernetzen werden zum Teil sogenannte Stationscomputer eingesetzt. Man könnte erwägen, diesen die Steuerung des Meßstellenwahlschalters, des PZA und auch die Meßwertverarbeitung zu übertragen. Dagegen läßt sich aber eine Reihe von Argumenten anführen: Die Qualitätsüberwachung ist eine für sich definierbare Aufgabe und ist deshalb auch ohne jegliche Automatisierung des Senderbetriebs sinnvoll. Wird sie von einem Stationscomputer übernommen, so ist ihr Zusammenspiel mit anderen Aufgaben genau festzulegen und zu testen. Bei jeder Änderung an dem einen oder anderen Programmteil muß dies erneut erfolgen. Die Inbetriebnahme separater Computer kann

zeitlich völlig unabhängig voneinander geschehen; ein Ausfall betrifft jeweils nur die zugeordnete Aufgabe. Ähnliche Überlegungen für die Sendernetzautomatisierung wurden in [9] angestellt. Nicht zuletzt entfallen beim Einsatz eines eigenen Mikrocomputers die Kosten für die aufwendigen Verbindungen zwischen den Geräten der Qualitätsüberwachung und einem entfernt stehenden Stationscomputer. Eine Kommunikation der beiden Rechner dagegen ist sinnvoll und unproblematisch.

### 3.3. Prüfzeilengeneratoren und Einblendgeräte

Den Fernsehsendern der ARD sind in der Regel sogenannte Eingangsverstärker zur Videosignalaufbereitung vorgeschaltet. Die eingesetzten Geräte erlauben auch das Einblenden von extern zugeführten Prüfzeilen. Aufgrund neuer Entwicklungen [10] können Prüfzeilengeneratoren kostengünstig realisiert werden, insbesondere weil an die Verkopplung des Farbträgers mit dem übrigen Signal im Rahmen der Senderqualitätsüberwachung keine Anforderungen gestellt werden müssen. Im Sinn einer vollständigen passiven Reserve ist jedem Sender ein Prüfzeilengenerator zuzuordnen. Besonderes Augenmerk ist auf eine sichere Synchronisation zwischen ankommendem Videosignal und den erzeugten Prüfzeilen zu legen.

Es stellt sich die Frage, ob auf die Einblendung von Prüfzeilen am Sendereingang verzichtet und durch Verwendung der (bereits verzerrten) Prüfzeilen des letzten Leitungsabschnittes auf die Senderfehler geschlossen werden kann. Untersuchungen im IRT zeigten, daß dies nur unvollkommen möglich ist. Durch Berücksichtigung des Eingangsfehlers kann bei den linearen Verzerrungen der Fehler des Senders mit einer Genauigkeit von etwa 15 % „rückgerechnet“ werden, wenn gleichzeitig im Eingangssignal keine großen nichtlinearen Verzerrungen vorliegen. Ebenso darf für die Rückrechnung der nichtlinearen Verzerrungen das Eingangssignal nicht gleichzeitig stark linear verzerrt sein. Außerdem müssen für die aus dem Treppensignal abgeleiteten (nichtlinearen) Parameter die Meßwerte aller Stufen einzeln vom PZA abgegeben werden; dafür ist aber kein üblicher PZA eingerichtet.

Neben diesen Einschränkungen ist ein weiterer wesentlicher Mangel der Rückrechnung in der Notwendigkeit gegeben, Meßwerte von verschiedenen Meßzeitpunkten zu verrechnen. Die Werte von Sendereingang und -ausgang kann der PZA nur nacheinander mit einem zeitlichen Abstand von mindestens 10 Sekunden liefern. Dadurch entsteht neben der Verzögerung eine zusätzliche Unsicherheit der Qualitätswertermittlung. Die Fehlerrückrechnung kann daher nur als Behelfslösung angesehen werden, zumal sie mit den üblichen PZAs auf lineare Parameter beschränkt ist. Ihre Mängel werden durch das Einsparen zweier Prüfzeilengeneratoren nicht aufgehoben. Es stellt sich außerdem die Frage, ob angesichts dieser Mängel der hohe Aufwand für den PZA überhaupt noch gerechtfertigt ist.

### 3.4. Bedienung und Meldung

Eine automatische Qualitätsüberwachung muß ohne Bedienung auskommen. Lediglich manchmal

gewünschte Eingriffe in den automatischen Ablauf erfordern Bedienmöglichkeiten. Darüber hinaus kann der Wunsch bestehen, Messungen von Hand ohne Unterstützung des Mikrocomputers durchzuführen.

Eingriffsmöglichkeiten in den automatischen Betrieb sollten am Ort und über Fernwirkeingänge gegeben sein. Für die Ortsbedienung eignen sich Tastaturen mit standardisiertem Zeichensatz, da sie sich bei den wenigen Bedienfunktionen als Funktionstastaturen (z. B. Taste „L“ für Leitungsmessung) gebrauchen lassen. Darüber hinaus gestatten sie es, eventuell nötige Programmodifikationen einzugeben.

Aktuelle, aber nicht zu speichernde Meldungen werden vorteilhaft auf Datensichtgeräten dargestellt. Für zu speichernde Meldungen am Ort eignet sich ein Drucker.

Die Zusammenschaltung mit Fernwirkanlagen, Stationscomputern oder anderen peripheren Geräten bedarf einer jeweiligen Anpassung an die vorhandenen Einrichtungen.

## 4. Lösungen für besondere Probleme bei der Meßwertverarbeitung

Bei einer automatischen Qualitätsüberwachung fallen sehr viele Daten an, deren Brauchbarkeit im einzelnen überprüft werden muß. Erst dann kann eine verlässliche Aussage über den Qualitätszustand der überwachten Anlage getroffen werden.

### 4.1. Plausibilitätsprüfung der Meßwerte

Die Qualitätsüberwachungsanlage arbeitet entweder nur während der Programm- und Testbildzeit (vom Ein- bis zum Ausschalten des Senders) oder sie erfaßt auch die betriebsfreie Zeit des Senders (24-Stunden-Betrieb). Dabei können – vor allem, wenn die Prüfzeilen nicht neu eingeblendet werden, sondern mit den Prüfzeilen des letzten Leitungsabschnittes gemessen wird – unterschiedliche Prüfzeilensignale vorhanden sein.

Unvollständige, falsche oder fehlende Prüfzeilen werden vom PZA nicht in jedem Fall als solche erkannt und gemeldet. Die daraus folgende Gefahr einer Fehlbeurteilung der überwachten Anlage kann durch die Einführung einer zusätzlichen Plausibilitätsprüfung eingeschränkt werden. Die Plausibilitätsprüfung stellt anhand der Meßwerte bestimmter Parameter (20T-Farbträgerabweichung, Weißimpulsabweichung, Differentielle Verstärkung) fest, ob die ermittelten Werte richtig sein können oder ob eine nicht ordnungsgemäße Prüfzeile vorliegt. Hierzu geht man von der Annahme aus, daß tatsächlich auftretende Fehler normalerweise bestimmte Maximalwerte nicht überschreiten. Ein Weißimpuls, der weniger als die Hälfte des geforderten Wertes liefert, läßt sich z. B. als fehlende Prüfzeile interpretieren. Die Plausibilitätsprüfung versagt dann, wenn trotz fehlerhafter Prüfzeile die Meßwerte der oben erwähnten Parameter eine ordnungsgemäße Prüfzeile vortäuschen. Die Meßwerte der differentiellen Verstärkung können z. B. bei fehlender Farbüberlagerung des Treppensignals willkürliche Werte annehmen, die durchaus innerhalb der erwähnten Grenzen liegen können.

Eine unvollständige Prüfzeile heißt nun aber nicht, daß die Überwachung mittels Prüfzeile überhaupt unmöglich ist. Stehen zum Beispiel – ohne Neueinblendung der Prüfzeilen am Sendereingang – an bestimmten Tagesabschnitten keine Prüfzeilen zur Verfügung, so kann zur Pegelung des Senders eine sogenannte Rumpfpfprüfzeile (nur aus dem Weißimpuls bestehend) eingeblendet sein. In diesem Falle können der Weißimpuls, die von ihm abgeleiteten Parameter (Dachschräge und Fahne), der Synchronimpuls und der Restträger überwacht werden.

Obwohl nicht direkt zur Plausibilitätsprüfung zählend, verdient jedoch ein weiterer Aspekt hier Beachtung. Da viele Geräte eine vom Hersteller verlangte Einlaufzeit benötigen, um die Betriebswerte zu erreichen, ist es sinnvoll, während dieses Zeitraums die Qualitätsüberwachung auszusetzen.

#### 4.2. Fehlerklassifizierung

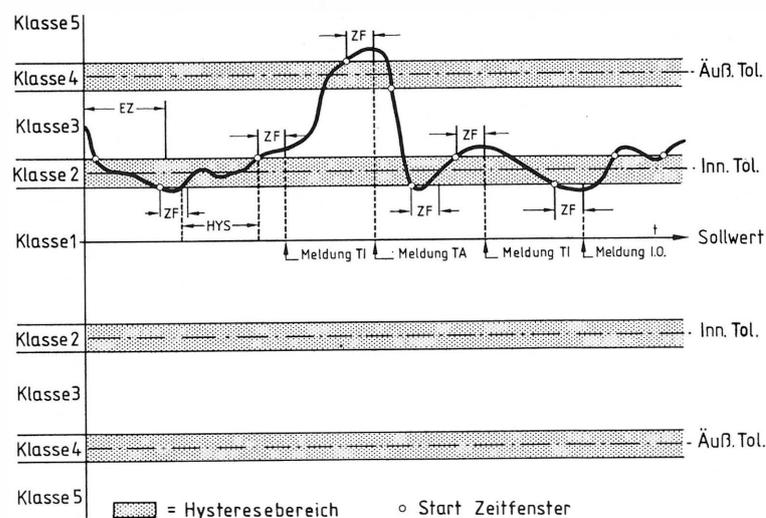
Bei einer Qualitätsüberwachung muß über das Erfassen der einzelnen Parametermeßwerte hinaus eine Bewertung erfolgen. Um eine einfache und übersichtliche Bewertung des Zustandes eines Meßobjektes treffen zu können, lassen sich sogenannte Fehlerklassen einführen. Dabei wird, wie in **Bild 4** dargestellt, der Meßbereich in mehrere Abschnitte aufgeteilt und jedem dieser Abschnitte eine Klasse zugeordnet. Bei der weiteren Behandlung wird zur Bewertung nur noch diese Klasse betrachtet. Die „normalen“ Klassen (Parameter in Ordnung, Innere Toleranz überschritten, Äußere Toleranz überschritten) werden durch zusätzliche Klassen ergänzt. Diese ergeben sich aus der bei der Plausibilitätsprüfung erhaltenen Aussage über die Vollständigkeit der Prüfzeile und werden wie die anderen Klassen behandelt. Sie erhalten jedoch eine höhere Priorität. So kann z. B. eine unvollständige Prüfzeile zu keiner Meldung über die Qualität der nicht erfaßbaren Einzelparameter führen.

#### 4.3. Hysterese- und Zeitbewertung

Wenn man den zeitlichen Verlauf von Parametermeßwerten beobachtet, so stellt man fest, daß sie abhängig von der Zusammensetzung des Programmsignals schwanken können (siehe 2.), ohne daß dies für die Qualität des übertragenen Bildsignals von Bedeutung wäre. Liegt dabei der Meßwert bereits in der Nähe einer Toleranzgrenze, so würde jede auch geringe und kurzzeitige Überschreitung dieser Grenze zu einer Meldung führen. Eine daraus folgende Häufung von Meldungen hat ihren Ursprung in der Art des ankommenden Signals und nicht in der Qualität des überwachten Meßobjektes. Durch zwei Maßnahmen, die Einführung einer „Hysterese“ und eines „Zeitfensters“, läßt sich dies unterbinden. Was unter Hysterese und Zeitfenster zu verstehen ist, ist schematisch in **Bild 4** dargestellt.

Bei der Hysteresebewertung werden die Toleranzgrenzen durch einen gewissen Bereich oberhalb und unterhalb dieser Grenzen, den Hysteresebereich ersetzt. Diese dadurch entstehenden Bereiche werden Hysteresebereiche genannt. Wandert ein Meßwert in eine Hystereseklasse, so wird keine Änderung der Fehlerklasse angenommen. Dies trifft auch bei den sogenannten Grenzwertpendlern zu, bei denen der Meßwert langsam um die Grenzen eines Hysteresebereichs schwankt. Die Hysteresebereiche ergänzen die anderen Fehlerklassen und können ähnlich wie diese behandelt werden.

Damit kurzzeitige „Ausreißer“ des Meßwertes, wie sie z. B. bei einer Programmumschaltung vorkommen können, zu keiner falschen Aussage über die Qualität führen, läßt sich ein Zeitfenster einführen. Dabei wird das Verhalten eines Meßwertes über einen bestimmten Zeitraum zusammenhängend beobachtet. Ändert sich die Fehlerklasse eines Meßwertes, so wird dieser Zeitpunkt vermerkt. Die Änderung der Fehlerklasse wird erst und nur dann gemeldet, wenn die neue Fehlerklasse eine bestimmte Zeit, die größer



**Bild 4**

Zeitlicher Verlauf eines Meßwertes mit Darstellung von Fehlerklasse, Hysterese und Zeitfenster

EZ = Einschaltverzögerung  
ZF = Zeitfenster  
HYS = Hysterese

IO = In Ordnung  
TI = Toleranz innen  
TA = Toleranz außen

ist als das Zeitfenster, ununterbrochen bestanden hat. Bleibt der Fehler weiter bestehen, werden gleichlautende Meldungen darüber unterdrückt. Eine erneute Fehlerklassenänderung wird erst nach Verstreichen eines neuen Zeitfensters gemeldet.

Diese Zeitfenster sind für jeden einzelnen Parameter verschieden groß und in ihrer Größe entsprechend der Bedeutung des Fehlers abgestuft zu wählen. Bewegt sich z. B. der Meßwert eines Parameters von der Fehlerklasse „In Ordnung“ sprunghaft zur Fehlerklasse „Äußere Toleranz überschritten“, so läßt sich durch ein kleineres Zeitfenster für die Fehlerklasse „Äußere Toleranz“ die Meldung „Innere Toleranz überschritten“ unterdrücken.

#### 4.4. Statusdarstellung

Das Ergebnis der Qualitätsüberwachung wird in Statusinformationen zusammengefaßt. Der Status der gesamten Senderanlage setzt sich zusammen aus dem Status der einzelnen Meßstellen (Betriebssender, Leitung und Ballempfang). Deren Status wiederum ergibt sich aus der Qualität der mit Hysterese und Zeitfenster bewerteten Einzelparameter und dem Zustand der Prüfzeile bzw. des Videosignals.

Betrieblich sinnvoll ist eine Summenmeldung über die Qualität einer Meßstelle, die sich aus der Qualität der Einzelparameter ergibt. Ausschlaggebend ist dabei die Qualität des schlechtesten Parameters.

Der Status der drei für den Betrieb wichtigen Meßstellen (Betriebssender, Leitung und Ballempfang) und die Beginnzeiten der Statusänderungen sowie die einzelnen Meßwerte werden bei bemanneten Stationen auf einem Beobachtungsmonitor dargestellt und nach jedem Meßzyklus aktualisiert. Damit ist zu jeder Zeit ein schneller Überblick über den Zustand der Senderanlage möglich.

Eine Ausgabe auf dem Protokolldrucker ist nur dann sinnvoll, wenn eine Statusänderung eines Parameters oder der gesamten Prüfzeile aufgetreten war. Die Summenqualität der Meßstellen und der Status der gesamten Senderanlage werden für eine Fernwirkanlage bereitgestellt und können auf Wunsch abgerufen werden. Die Statusinformation der Leitungsmeßstelle und/oder deren Meßwerte können über ein Modem an die für die Leitung zuständige Deutsche Bundespost weitergegeben werden.

### 5. Beschreibung eines Betriebsprogramms

Wie sich die in den vorhergehenden Abschnitten besprochenen Überlegungen und Forderungen verwirklichen lassen, wird in der folgenden Funktionsbeschreibung eines Betriebsprogramms dargelegt.

#### 5.1. Verwendung von BASIC als Programmiersprache

Für die Erstellung und Ausführung des Programms wurde ein BASIC-Interpreter verwendet. Bei der Programmiersprache BASIC (**B**eginners **A**ll Purpose **S**ymbolic **I**nstruction **C**ode) handelt es sich um eine einfache höhere Sprache. Sie bietet neben der leichten Erlernbarkeit den Vorteil, Programme schnell ändern und anpassen zu können. Für Testzwecke kann der Programmablauf kurz angehalten und, nach Änderung z. B. von Variablen, an der Un-

terbrechungsstelle wieder fortgeführt werden. Dadurch können Erfahrungen in der Erprobungsphase sofort berücksichtigt und in das Programm eingearbeitet werden. Bei Verwendung eines externen Datenspeichers (z. B. Kassette) lassen sich eventuelle Programmänderungen unmittelbar speichern. Damit ist das System weitgehend zukunftssicher, da spätere Softwareanpassungen nur noch das Laden einer neuen Kassette erfordern. Nach Abschluß der Erprobungsphase kann das BASIC-Programm bei Bedarf auch in EPROMs (**E**rasable **P**rogrammable **R**ead **O**nly **M**emory) abgelegt werden.

Der Nachteil eines BASIC-Interpreters, der in seiner geringen Verarbeitungsgeschwindigkeit liegt, wird zum einen durch den Umstand aufgehoben, daß zeitkritische Vorgänge in Maschinensprache geschrieben werden und vom Interpreter als Unterprogramme aufgerufen werden können. Zum anderen

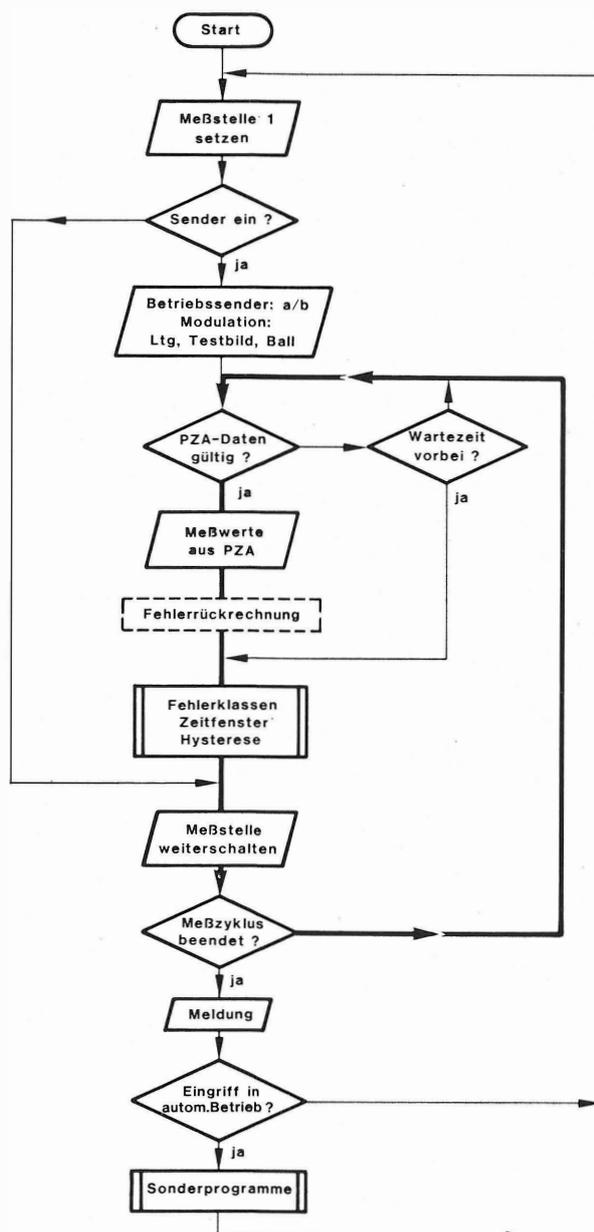


Bild 5

Programmablaufplan Hauptprogramm: Automatischer Meßzyklus

benötigt der PZA nach dem Umschalten auf eine neue Meßstelle eine relativ lange Zeit (rund 10 Sekunden), bis er gültige Meßwerte liefert. Dazwischen bleibt dem Programm genügend Zeit für Rechenoperationen.

5.2. Der „Fern-Ort-Hand“-Bedienschalter

Ein übergeordneter Schalter „Fern-Ort-Hand“ greift in den Programmablauf und in die Funktion der zu steuernden Geräte ein. In den Stellungen „Fern“ und „Ort“ läuft ein automatischer Meßzyklus ab, wobei nur in Stellung „Fern“ Statusinformationen an die Fernwirkanlage oder das Überwachungspult der Senderanlage weitergegeben werden und nur über die Fernwirkeingänge Eingriffe in den Programmablauf möglich sind. In Stellung „Ort“ kann über eine Eingabetastatur in den automatischen Programmablauf eingegriffen werden; die Weitergabe von Statusinformationen an die Fernwirkausgänge wird unterdrückt. Die Stellung „Hand“ unterbricht den automatischen Meßzyklus; der PZA und der Meßstellenwahlschalter werden auf Frontplattenbedienung umgeschaltet.

5.3. Automatischer Betrieb

Im automatischen Betrieb („Fern“ und „Ort“) registriert das Programm in einem sich wiederholenden Zyklus die drei Meßstellen Betriebssender, Modulationsleitung und Ballempfang. Dabei ist der Programmablauf für jede Meßstelle gleich. **Bild 5** zeigt den Programmablaufplan des automatischen Meßzyklus.

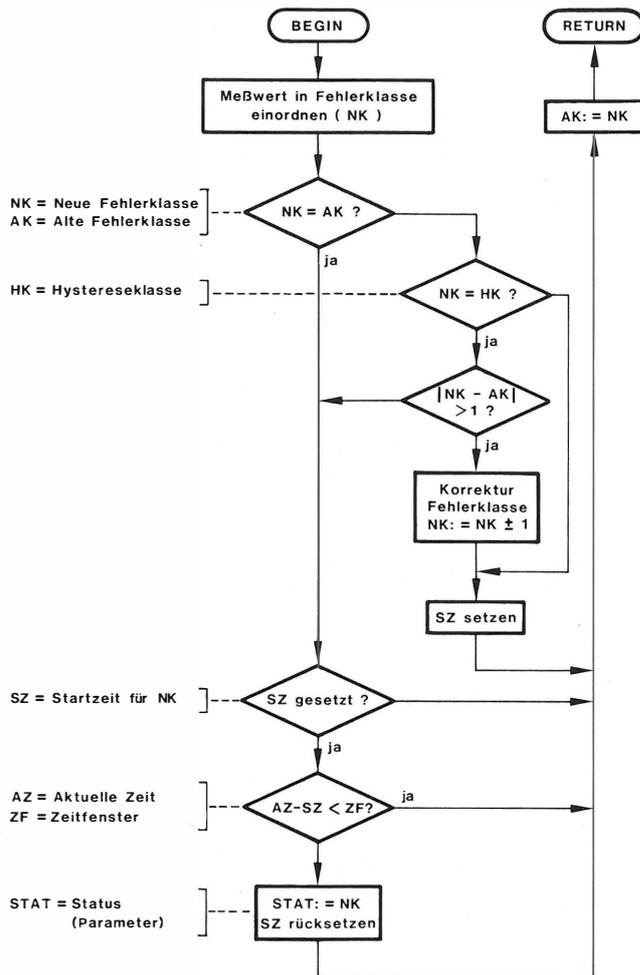
5.3.1. Übernahme der Meßwerte und Feststellen des Status

Bevor die Parameterwerte aus dem PZA übernommen werden, muß der Status der Senderanlage abgefragt werden. Dazu gehören die Informationen, ob die Senderanlage eingeschaltet ist, welcher Sender Betriebssender und welcher Reservesender ist. Sie bestimmen die Folge der Meßstellen. Die Stellung des Modulationswahlschalters (Leitung, Testbild, Ball) ist ohne Neueinblendung der Prüfzeilen für die Wahl des Toleranzschemas wichtig. Diese Information muß daher vor Übernahme der Meßwerte vorliegen.

5.3.2. Klassifizierung, Hysterese und Zeitfenster

Nachdem der Betriebszustand der Senderanlage festgestellt ist, wählt das Programm die entsprechende Meßstelle. Vor der Übernahme der Meßwerte aus dem PZA müssen zuerst die Daten gültig werden. Kommt innerhalb einer bestimmten, vorgegebenen Zeit vom PZA nicht die Meldung „Daten gültig“, kann davon ausgegangen werden, daß keine ordnungsgemäße Prüfzeile vorliegt. In diesem Fall werden keine Werte aus dem PZA übernommen und das Fehlen der Prüfzeile wird vermerkt. Ist eine „Fehlerrückrechnung“ vorgesehen, die (wie in 3.3. dargelegt) nur mit Einschränkungen erfolgen kann, muß bei der Messung am Betriebssender nun der Senderfehler unter Berücksichtigung des Leitungsfehlers ermittelt werden.

Die Meßwerte (oder die rückgerechneten Werte) werden in Klassen eingeteilt, und es wird eine Bewertung nach Hysterese und Zeitfenster vorgenommen. Diese Routine ist in **Bild 6** dargestellt und bil-



**Bild 6**  
 Programmablaufplan Unterprogramm:  
 Klassifizierung, Hysterese- und Zeitfensterbewertung

det das Kernstück des Programms. Daher soll etwas ausführlicher darauf eingegangen werden.

Nach der Fehlerklassifizierung stellt das Programm fest, ob diese neue Fehlerklasse (NK) mit der alten Fehlerklasse (AK) des vorherigen Meßzyklus übereinstimmt. Sind NK und AK verschieden und ist die neue Fehlerklasse keine Hystereseklasse (HK), so wird eine Startzeit (SZ, Fehler- bzw. Gutzeit) gesetzt. Ist die neue Fehlerklasse eine Hystereseklasse (HK) und ist die Differenz zwischen neuer und alter Fehlerklassennummer größer als 1, wird eine Korrektur der neuen Fehlerklasse vorgenommen. Dabei erhält die neue Klasse den Wert der zur alten Fehlerklasse nächstgelegenen Fehlerklasse. Damit ist es für diesen speziellen Fall möglich, daß trotz Hystereseklasse eine Meldung erfolgen kann, die andernfalls unterdrückt würde. Nach der Korrektur wird für diese neue Fehlerklasse eine Startzeit gesetzt.

Für den Fall, daß neue und alte Fehlerklasse übereinstimmen, wird überprüft, ob eine Startzeit gesetzt war. Ist bei gesetzter Startzeit, d. h. Startzeit ungleich Null, die Differenz aus aktueller Zeit und Startzeit größer als das vorgegebene Zeitfenster, so wird der neue Signalstatus gleich der neuen Fehlerklasse gesetzt und die Startzeit auf Null zurückgesetzt. Vor Rückkehr ins Hauptprogramm wird auf

alle Fälle die alte Fehlerklasse gleich der neuen Fehlerklasse gesetzt.

Die Fehlerklassifizierung sowie die Bewertung nach Hysterese und Zeitfenster erfolgt für jeden Parameter gesondert und gilt auch für folgende, als „Sonderfälle“ anzusehende Fehler:

– Übermodulation:

Dies stellt einen Sonderfall der Toleranzüberschreitung des Restträgers dar: Der Restträger nimmt negative Werte an. Dieser Fehler erfordert eine sofortige Reaktion, da er im Heimempfänger erhebliche Tonstörungen auslöst. Deshalb ist hier das Zeitfenster kurz gewählt. Die Meldung erfolgt unmittelbar nach der zweiten Messung.

– Nur Weißimpuls vorhanden:

Bei der Einteilung der Meßwerte in Fehlerklassen wird zugleich die Plausibilitätsprüfung durchgeführt. Ist z. B. der absolute Fehler der 20T-Farbträgerabweichung größer als 70 %, so kann davon ausgegangen werden, daß die Prüfzeile nicht ordnungsgemäß oder nur teilweise vorhanden ist. Der PZA kann eine solche unvollständige Prüfzeile nicht erkennen. Um irreführende Meldungen zu unterdrücken, werden deshalb nur die Weißimpulsverzerrungen, der Synchronimpuls und der Restträger ausgewertet. Bei allen anderen Parametern wird die Meßwert- und Statusausgabe unterdrückt.

– Keine Prüfzeile:

Wird bei der Plausibilitätsprüfung des Weißimpulses ein absoluter Fehler > 50 % festgestellt, so kann davon ausgegangen werden, daß keine Prüfzeile vorhanden ist. In diesem Falle werden keine Meßwerte aus dem PZA übernommen. Nach Überschreiten des Zeitfensters wird auf dem Monitor und dem Drucker die Meldung „Keine Prüfzeile“ ausgegeben.

– Kein Signal:

Ist bei den Meßstellen Leitung und Ball sowie am Senderausgang (bei eingeschaltetem Betriebssender) kein Modulationssignal vorhanden, d. h. Horizontal- und Vertikalsynchronimpulse fehlen, wird die Meldung „Kein Signal“ ausgegeben.

5.3.3. Meldung

Sind alle im automatischen Meßzyklus überwachten Meßstellen gemessen und bewertet, wird die dabei erhaltene Information ausgegeben. Auf einem Sichtgerät wird nach jedem Meßzyklus der Gesamtzustand aktualisiert (**Bild 7**). Auf dem Bildschirm werden das Datum und die Uhrzeit sowie der Meßort angezeigt. Darunter werden für die drei Meßstellen Betriebssender (in Klammern die Modulationsquelle), Leitung und Ballempfang in gleicher Weise der Summenstatus, die Meßwerte der Einzelparameter sowie deren Status und die Uhrzeit ihrer letzten Statusänderung ausgegeben. Die Stellung des Bedienschalters kann bei Bedarf angezeigt werden.

Auf einem Protokoll drucker werden nur Statusänderungen gemeldet. **Bild 8** zeigt ein typisches Tagesprotokoll (Sender Hornisgrinde vom 22. Juni 1982). Zu Beginn eines jeden Tages wird der Meßort und das Datum geschrieben. Danach werden nur die Änderungen der Betriebsart und des Status sowohl der

22-JUN-1982 10:30'41''		Südwestfunk / Sender Hornisgrinde							
Meßstelle	Sender a (Ltg)	Leitung			Ball				
Status MS	In Ordnung	In Ordnung			Toleranz außen				
Parameter	Wert	Tol	Zeit	Wert	Tol	Zeit	Wert	Tol	Zeit
Rest (%)	12.9	...	.....	****	...	.....	****	...	.....
Sync (%)	26.5	...	.....	29.8	...	.....	29.3	...	.....
Mimp (%)	6.2	...	.....	1.1	...	.....	-4.0	...	.....
Dach (%)	2.2	...	.....	0.3	...	.....	2.2	...	.....
Fahn (%)	0.3	...	.....	1.3	...	.....	7.5	I	9:48
2 T (%)	-4.9	...	.....	-3.7	...	.....	-8.0	...	.....
F20T (%)	-8.7	...	.....	-2.6	...	.....	-31.6	A	10:30
F-LZ (ns)	6	...	.....	-15	...	.....	88	...	.....
I20T (%)	-5.1	...	.....	1.5	...	.....	-4.4	...	.....
DG (%)	4.4	...	.....	0.9	...	.....	17.7	...	.....

**Bild 7**  
Aktueller Zustand der überwachten Anlagen auf Datensichtgerät

(Zur Simulation von Toleranzüberschreitungen wurden bei Ballempfang die Werte für Fahne und 20T-Farbträgerabweichung geändert)

gesamten Anlage als auch der Einzelparameter mit Beginnzeit vermerkt. So erhält man während des gesamten Überwachungszeitraums eine lückenlose Aussage über den Zustand der Senderanlage.

An die Fernwirkanlage wird (bei Fern-Betrieb) über eine galvanisch getrennte parallele Schnittstelle der Status der drei Meßstellen in binär codierter Form ausgegeben. Der Status der einzelnen Meßstelle setzt sich dabei für innere und äußere Toleranz aus dem Summenstatus (siehe 4.4.) der Einzelparameter und der Meldung „Kein Signal“ zusammen.

5.4. Eingriffsmöglichkeiten in den automatischen Betrieb

Zur Unterstützung des Betriebspersonals ist die Möglichkeit eines Eingriffs in den automatischen Betrieb vorgesehen. Dabei können in Stellung „Ort“ des Bedienschalters über die Eingabetastatur verschiedene Unterprogramme aufgerufen werden. Ein während des Programmablaufs durch Tastendruck gewähltes Unterprogramm wird nach Ende des laufenden Zyklus aufgerufen. Diese Unterprogramme sind im einzelnen:

– Taste „A“: Aktueller Zustand

Der aktuelle Zustand wird mit Uhrzeit einmal auf dem Drucker ausgegeben. Dazu wird der Inhalt der Bildschirmausgabe auf dem Protokoll drucker ausgegeben (siehe **Bild 8** Mitte: „Aktueller Zustand“).

– Taste „G“: Grenzwertausgabe

Auf dem Bildschirm werden in dem Bereich, in dem normalerweise die Meßwerte der Einzelparameter und die Toleranzüberschreitungen mit Uhrzeit ausgegeben werden, die Grenzwerte angezeigt. Dieser Bildschirmausdruck bleibt so lange bestehen, bis durch Betätigung der „RETURN“-Taste die normale Bildschirmausgabe wieder fortgesetzt wird. Dabei ist zu erwähnen, daß auch in diesem Falle der normale Meßzyklus fortgeführt wird.

– Tasten „1 . . . 5“: Einzelmessung

Das Programm springt in die Unteroutine „Einzelmessung“. Die Ziffer entspricht der jeweiligen Meß-

SÜDWESTFUNK / SENDER HORNISGRINDE				DIENSTAG, 22-JUN-1982			
BETRIEBSSENDER	:	SENDER B					8:25
MODULATION	:	TESTBILD					
		****	FERN	****			8:26
SENDER B (TEST)	:	****	KEIN SIGNAL	****			8:26
BALL	:	****	KEIN SIGNAL	****			8:26
SENDER B (TEST)	:	****	IN ORDNUNG	****			8:28
BALL	:	****	OHNE PRUEFZEILE	****			8:46
BETRIEBSSENDER	:	SENDER B					8:59
MODULATION	:	LEITUNG					
		****	FERN	****			9:00
BALL	:	****	IN ORDNUNG	****			9:57
		****	AKTUELLER ZUSTAND	****			12:37
MESSTELLE		SENDER B (LTG)		LEITUNG		BALL	
STATUS MS		IN ORDNUNG		IN ORDNUNG		IN ORDNUNG	
---FERN---							
PARAMETER		WERT	TOL	ZEIT	WERT	TOL	ZEIT
REST [%]		13.2	...	....	****	...	....
SYNC [%]		26.2	...	....	29.8	...	....
WIMP [%]		0.4	...	....	1.2	...	....
DACH [%]		0.4	...	....	0.4	...	....
FAHN [%]		0.3	...	....	0.7	...	....
Z T [%]		-3.4	...	....	-1.5	...	....
F20T [%]		-8.7	...	....	-2.6	...	....
F-LZ [NS]		6	...	....	21	...	....
I20T [%]		-5.1	...	....	-0.2	...	....
DB [%]		4.4	...	....	1.0	...	....
BETRIEBSSENDER	:	SENDER B					13:17
MODULATION	:	TESTBILD					
		****	FERN	****			13:13
BALL	:	****	OHNE PRUEFZEILE	****			13:17
		****	NUR WEISSIMPULS	****			14:26
		****	OHNE PRUEFZEILE	****			14:47
BETRIEBSSENDER	:	SENDER B					15:39
MODULATION	:	LEITUNG					
		****	FERN	****			15:39
BALL	:	****	IN ORDNUNG	****			15:52
BETRIEBSSENDER	:	SENDER B					23:51
MODULATION	:	TESTBILD					
		****	FERN	****			23:52
BALL	:	****	OHNE PRUEFZEILE	****			23:54

**Bild 8****Tagesprotokoll des Senders Hornisgrinde (SWF)**

stelle gemäß der Anordnung am Meßstellenwahlschalter. Die Meßwerte werden ununterbrochen aus dem PZA übernommen und sofort auf dem Bildschirm ausgegeben. Bei Eingabe einer anderen Ziffer springt das Programm die neue Meßstelle an, die Eingabe von „RETURN“ läßt das Programm den normalen Meßzyklus fortführen.

- Taste „Z“: Setzen der netzunabhängigen Kalenderuhr

Damit das Programm keinerlei Bedienung von außen erfordert, ist zur Übernahme von Datum und Uhrzeit ein netzunabhängiger Uhrenbaustein eingebaut. Dieser Baustein führt die Werte für Jahr (inkl. Schaltjahr), Monat, Tag, Wochentag, Stunde, Minute und Sekunde fort. Da er speziell auf den Einsatz in Mikrocomputern ausgerichtet ist, kann er nur mit einem Programm ausgelesen oder gesetzt werden. Das

Setzen der Uhr geschieht über die Eingabetastatur. Nach dem Setzvorgang kehrt das Programm selbstständig in den normalen Zyklus zurück.

- Tasten „U“, „N“: Anwahl der Prüfzeilen

Die Ermittlung der Prüfzeilenmeßwerte kann im Zeilenpaar 17/330 bzw. 18/331 erfolgen. Die mit den Tasten „U“ bzw. „N“ angewählten Zeilen werden so lange ausgewertet, bis die jeweils andere Taste gewählt wird.

**6. Pilotprojekte bei HR und SWF**

Parallel zur Entstehung eines Pflichtenheftes für die Qualitätsüberwachung von Fernsehsendern [4] wurden vom IRT zwei Pilotprojekte beim Südwestfunk, Sender Hornisgrinde und beim Hessischen Rundfunk, Sender Hoher Meißner in Angriff

genommen. In [4] ist das Blockschaltbild der gesamten Anlage dargestellt. Der dabei verwendete Mikrocomputer Z 80 EM wurde im IRT (Arbeitsbereich AUS) entwickelt und gebaut. Der Prüfzeilenanalysator und der Meßstellenwahlschalter stammen aus industrieller Fertigung. Dabei erlaubte das modulare Konzept (Hard- und Software) eine individuelle und schnelle Anpassung an die jeweiligen Gegebenheiten von Fernsehsender und Betriebsperipherie wie z. B. einer Fernwirkanlage. Das dabei eingesetzte Betriebsprogramm entspricht weitgehend dem in 5. beschriebenen.

Das Projekt beim HR war schon sehr früh gestartet worden und entsprach zwischenzeitlich in seinem Hardwarekonzept nicht immer dem neuesten Stand des Pflichtenheftentwurfes. Aufgrund des modularen Aufbaus des Mikrocomputers war es leicht möglich, ihn durch einfachen Austausch der Baugruppen zu „modernisieren“. Somit kommt jetzt beim SWF und beim HR die gleiche Hardware zum Einsatz und arbeitet bisher ohne Ausfälle.

Dank der hohen Zuverlässigkeit des Steuerrechners konnte der Programmpflege große Aufmerksamkeit gewidmet werden. Es soll hier noch einmal deutlich gesagt werden, daß die Vorteile eines BASIC-Interpreters voll genutzt werden konnten. Nur so war es möglich, einerseits die Wünsche und Anregungen des Betriebes, andererseits die Fortentwicklung des Pflichtenheftes bei der Erstellung und Bearbeitung des Programms zu berücksichtigen. Das Programm steht als Liste (versehen mit Kommentaren und ausführlichen Erklärungen) zur Verfügung.

Für die Einführung der Qualitätsüberwachung an Fernsehsendern, wie sie bei der ARD geplant ist, steht industriell gefertigte Hardware, die jetzt in einer breiten Produktpalette angeboten wird, zur Ver-

fügung. Auch diese Mikrocomputer sind modular aufgebaut und können deshalb leicht an die verschiedenen Betriebsbedingungen der einzelnen Rundfunkanstalten angepaßt werden. Unter der Voraussetzung, daß man beim gleichen Prozessortyp (Z 80) bleibt, sind die dafür notwendigen Softwareanpassungen gering.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß sowohl die verwendete Hardware als auch das Betriebsprogramm die an sie gestellten Forderungen voll erfüllt haben.

#### SCHRIFTTUM

- [1] Flor, W.: Fernsehqualitätskontrolle durch Referenzortmessungen. Rundfunktech. Mitt. 22 (1978), S. 128 bis 130.
- [2] East, D.; Shelley, I. J.; Wands, G. C.: Automatic operation of the BBC's transmission network. BBC Engineering No. 109, April 1978, S. 7 bis 15.
- [3] Crozier-Cole, P. A.: Regional operations centres of the IBA transmitter network. Vortrag, gehalten auf der IBC, London 1976.
- [4] Löber, G.: Automatische Überwachung der technischen Qualität von Fernsehsendern. Rundfunktech. Mitt. 26 (1982), S. 180 bis 186.
- [5] Löber, G.; Voigt, K. C.: Erfahrungen mit der Prüfzeilenmeßautomatik im Sendebereich des Südwestfunks. Rundfunktech. Mitt. 17 (1973), S. 105 bis 112.
- [6] Kiefer, D.: Qualitätsüberwachung von Fernsehsendern mit einem Mikrocomputer-gesteuerten Prüfzeilenautomaten. Tech. Ber. Nr. 17 des IRT, München, August 1979.
- [7] CCIR: Definitions of parameters for simplified automatic measurements of television insertion test signals. Rec. 569-1, XVth Plenary Assembly, Geneva 1982, Vol. XII: Transmission of Sound Broadcasting and Television Signals over long Distances (CMTT). Hrsg. v. d. UIT, Genf, im Druck.
- [8] Rhodes, Ch. W.: Automated and digital measurement of baseband transmission parameters. SMPTE Journal 86 (1977), S. 832 bis 835.
- [9] Thielcke, H.: Automatischer Betrieb von Sendernetzen. Rundfunktech. Mitt. 15 (1971), S. 89 bis 100.
- [10] Heller, A.; Schaumberger, A.: Prüfzeilensignal-Synthese mit digitalen Festwertspeichern. Vortrag, gehalten auf der 6. Jahrestagung der FK TG, Trier 1978.

# FELDESTÄRKEVORHERSAGE UNTER BENUTZUNG EINER TOPOGRAPHISCHEN DATENBANK IM VERSORGUNGSGBIET DES SÜDWESEFUNKS

VON WOLFGANG KRANK UND FRIEDRICH STÖCKER<sup>1</sup>

Manuskript eingegangen am 12. Juli 1982

Sendertechnik

## Zusammenfassung

Der SWF hat in Zusammenarbeit mit der Industrieanlagen-Betriebsgesellschaft in München unter Verwendung von Teilen eines Simulationsmodells „DATALINK“ der Firma Dornier ein Wellenausbreitungsmodell für den VHF-Bereich zusammengestellt und mit Hilfe von Ausbreitungsmessungen an die Realität adaptiert. Erste orientierende flächendeckende Feldstärkeberechnungen mittels einer Topographischen Datenbank liegen vor und sind in graphischer Form dargestellt. Anhand eines Beispiels werden übliche Berechnungsmethoden mit dem neuen Verfahren verglichen.

## Summary **The use of a topographical data-bank for field-strength forecasting in the Südwestfunk service area**

In collaboration with the Industrieanlagen-Betriebsgesellschaft at Munich, and utilising elements of a DATALINK simulation model established by the Dornier company, the SWF has prepared a propagation model for the VHF band and has adapted it to reality by means of propagation measurements. Initial orientating calculations of area-covering field-strengths, obtained by means of a topographical data-bank, are available and are presented in graphical form. The conventional calculation methods are compared with the new method by means of an example.

## Sommaire **Utilisation d'une banque de données topographiques pour la prévision du champ dans les régions desservies par le Südwestfunk**

Le SWF a établi en collaboration avec l'Industrieanlagen-Betriebsgesellschaft un modèle de propagation en bande métrique utilisant certains éléments du modèle de simulation DATALINK de la firme Dornier; le résultat a ensuite été corrigé au moyen de résultats de mesures pour le faire correspondre à la réalité. On dispose déjà de résultats préliminaires concernant les champs dans la zone de couverture, obtenus à l'aide d'une banque de données topographiques; ces résultats sont présentés sous forme graphique. Un exemple permet de comparer la méthode classique et ce nouveau procédé.

## 1. Einführung

Der Süden und der Südwesten der Bundesrepublik ist gekennzeichnet durch eine komplizierte topographische Struktur mit Ebenen, Hügellandschaften und den Gebirgen des Hochschwarzwaldes und des Voralpenraumes. Tief eingeschnittene Täler unterschiedlicher geographischer Orientierung vervollständigen die Komplexität der Landschaft. Hinzu kommt eine historische und geopolitisch gewachsene Siedlungsstruktur, die gekennzeichnet ist durch wenige Großstädte, viele Mittel- und Kleinstädte und verbindende ländliche Besiedlungsstrukturen. Entsprechend vielfältig ist auch die Morphographie, d. h. die Bewuchsform einschließlich der Verkehrswege.

So schön dieses Land für den Menschen ist, so schwierig gestaltet sich die Aufgabe für den Planungsingenieur, die dort lebenden Menschen mit Rundfunk- und Fernsehprogrammen ausreichend zu versorgen. Auf der einen Seite sollen wegen des Eingriffs in die Landschaft so wenig Sender wie möglich aufgebaut werden, auf der anderen Seite dagegen wird ein relativ engmaschiges Sendernetz erforderlich, um der Versorgungsaufgabe gerecht zu werden. Die Wirtschaftlichkeit wiederum fordert, das Optimum zu finden.

Eine nahezu identische Problematik liegt im benachbarten Ausland (in Österreich, der Schweiz und im Osten und Südosten Frankreichs) vor. Für die Planer kommt dann als zusätzliches Kriterium hinzu,

daß alle zu planenden Sender sich untereinander nicht stören dürfen. Bisher wurde und wird bei der Bewältigung von Planungsaufgaben von pauschalen, das Gelände nur grob beschreibenden Werten, von den effektiven Senderhöhen und von empirischen Ausbreitungskurven ausgegangen.

Diese Methoden lieferten brauchbare Ergebnisse, obwohl mit zunehmender Sendernetzdichte die Grenzfälle zunahm, bei denen durch Anfertigen von Geländeschnitten kritische Situationen eingehender geprüft wurden. In Verbindung mit zum Teil umfangreichen Messungen entstand immer mehr der Wunsch, die „topographische Reserve“ in der Sendernetzplanung zu ermitteln und in die Planungsmethodik einzuführen.

Im Hinblick auf die bevorstehende UKW-Planungskonferenz 1982/84 in Genf hat sich der Südwestfunk die Aufgabe gestellt, die bestehende Sendernetzstruktur dahingehend zu prüfen, wie eine möglichst vollständige Versorgung der Teilnehmer mit einem stereotüchtigen Signal erreicht werden kann. Diese Aufgabenstellung beinhaltet im wesentlichen:

- Ermittlung der Versorgungssituation im Versorgungsgebiet und damit Aufzeigen von Versorgungslücken;
- Untersuchung der Möglichkeiten, Versorgungslücken durch Optimierung von kennzeichnenden Merkmalen vorhandener Sender zu schließen;
- Einplanen von zusätzlichen Sendern mit speziell auf die Versorgungslücken hin optimierten kennzeichnenden Merkmalen.

<sup>1</sup> Dr.-Ing. Wolfgang Krank ist Leiter der Hauptabteilung Sendertechnik, Dipl.-Phys. Friedrich Stöcker ist Mitarbeiter der Hauptabteilung Sendertechnik beim Südwestfunk, Baden-Baden.

Prinzipiell kann der tatsächlich bestehende Versorgungsgrad innerhalb eines Versorgungsgebietes nur meßtechnisch genau genug ermittelt werden. In der Praxis sind es vier Kriterien, die zu erfüllen sind, um zu einer abschließenden Aussage „versorgt“ oder „nicht versorgt“ zu gelangen. Wenn auch die Untersuchung der Empfangsqualität keine Schwierigkeit bereitet, so ist es dennoch relativ schwierig, aufgrund von Punktmessungen die Versorgungssituation eines ganzen Gebietes zu beurteilen. Dies gilt ganz besonders dann, wenn die Empfangsfeldstärken und die Störfeldstärken in Abhängigkeit von Ort und Zeit stark schwanken und Einzelmessungen für ein Gebiet als nicht mehr repräsentativ angesehen werden können. In solchen Fällen ist eine Beurteilung der Versorgung nur noch durch Registrierung sowohl der Empfangsfeldstärken der Nutzsender als auch der Störfeldstärken möglich. Hinzu kommen je nach topographischer Situation Probleme des Mehrwegeempfangs und der daraus resultierenden Störwirkung. Insgesamt gesehen besteht ein nicht unerheblicher Aufwand, um nur zu einer Bestandsaufnahme zu gelangen.

Der Südwestfunk hat bei der Abschätzung des Aufwandes an Personalkapazität, Zeitdauer und Meßwageneinsatzkapazität ermittelt, daß allein die Bestandsaufnahme eine Kostenbelastung in der Größenordnung von 1,2 bis 1,5 Mio. DM ergibt. Erst nach Abschluß dieser Arbeiten kann mit der Optimierungsplanung des Sendernetzes begonnen werden. Die sich aus den vorgenannten Gründen ergebenden Zeitfaktoren machen deutlich, daß eine Vorbereitung der anstehenden UKW-Planungskonferenz als kaum realistisch angesehen wird. Unter diesem Aspekt wurde in der Sendertechnik des Südwestfunks bereits 1980 der Entschluß gefaßt, zu untersuchen, inwieweit sich der meßtechnische Aufwand unter Zuhilfenahme theoretischer Verfahren reduzieren läßt.

Forderung an diese theoretische Planungsmethode war die Lösung folgender Aufgaben:

- Ermittlung der Empfangsfeldstärke unter Berücksichtigung der wesentlichen Merkmale des Senders und des Ausbreitungsweges,
- Ermittlung der Störfeldstärkekonturen in Überlappungsgebieten von Sendern,
- Optimierung der Versorgungssituation durch Modifizierung der kennzeichnenden Merkmale bestehender Sender und durch Einplanung von zusätzlichen Sendern unter Berücksichtigung der topographischen Strukturen.

Es bestand Klarheit darüber, daß die bisher in der praktischen Arbeit verwendeten theoretischen Modelle (Feldstärkeberechnungen bzw. -prognosen mit Hilfe von Ausbreitungskurven), die im wesentlichen einen Zusammenhang zwischen Empfangsfeldstärke und Abstand zum Sender darstellen, die vorgestellten Aufgaben zu lösen ungeeignet sind. Hieraus resultiert, daß nur ein Verfahren in Betracht kommt, welches die Ermittlung der Empfangsfeldstärke unter Berücksichtigung der Topographie zum Ziel hat.

Der Südwestfunk hat deshalb in Zusammenarbeit mit der Industrieanlagen-Betriebsgesellschaft (IABG) in Ottobrunn ein Wellenausbreitungsmodell

entwickelt, das die Nutzung einer digitalen Geländedatenbank einschließt. Ausgehend vom Simulationsmodell „DATALINK“ der Firma Dornier [7], welches für einen anderen Anwendungszweck konzipiert war, entstand ein Wellenausbreitungsmodell für den VHF-Bereich. Dieses unter der Bezeichnung DAFP (Datenbank-Feldstärke-Prognose) erstellte Modell wurde mit Hilfe von Ausbreitungsmessungen an die Realität adaptiert. Erste orientierende, flächendeckende Feldstärkeberechnungen liegen vor und werden entsprechend ihrem Entstehungsprozeß und in unterschiedlicher Form graphisch dargestellt und diskutiert. Am Beispiel des SWF-Senders Donnersberg werden die bisher üblichen Berechnungsmethoden nach CCIR-Empfehlung 370 mit dem neuen Rechenverfahren verglichen.

## 2. Problematik einer Feldstärkevorhersage

Abweichend von den Mittelwellen ist bei den Ultrakurzwellen die Bodenwelle nur sehr schwach ausgeprägt und spielt daher für die Informationsübertragung keine Rolle. Entscheidend für den Empfang ist die Feldstärke der „Luftwelle“, die sowohl eine Funktion der Länge als auch der Struktur des Ausbreitungsweges ist.

Als Übertragungssystem kann der Ausbreitungsweg Sender-Empfänger aufgefaßt werden. Zur Berechnung der Empfangsfeldstärke benötigt man die mathematische Formulierung der Systemeigenschaften, die der Struktur des Ausbreitungsweges angepaßt sind.

Zur Verdeutlichung der Problematik erscheint es sinnvoll, sich ein Modell vom Übertragungsweg Sender-Empfänger zu machen. Während in der Systemtheorie der elektrischen Nachrichtentechnik die Fouriertransformation von Funktionen mit einer Variablen eine große Rolle spielt, so kann man auch entsprechend eine Fouriertransformation von Funktionen mit mehreren Variablen durchführen.

Es sei  $g(x, y)$  der Feldstärkeverlauf auf einer Fläche im Fernfeld der Sendeantenne ( $d \gg D^2/\lambda$ ,  $d$  = Abstand zur Sendeantenne,  $D$  = Ausdehnung der Sendeantenne) und  $g(x, y)$  genüge den Dirichletschen Bedingungen, so kann man  $g(x, y)$  durch ein zweidimensionales Fourierintegral darstellen:

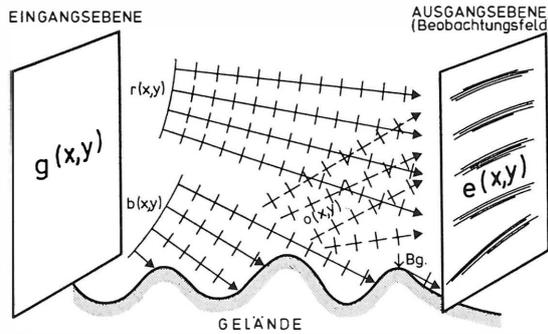
$$g(x, y) = \iint_{-\infty}^{+\infty} G(f_x, f_y) \exp[i2\pi(f_x x + f_y y)] df_x df_y$$

In obiger Gleichung sind  $f_x$  und  $f_y$  Raumfrequenzen, d. h. die Funktion  $g(x, y)$  kann man sich aufgebaut denken durch die Überlagerung von harmonischen Exponentialfunktionen [1]

$$\exp[i2\pi(f_x x + f_y y)] ,$$

gewichtet mit dem Faktor  $G(f_x, f_y)$ .

Die Funktion  $g(x, y)$  kann also durch die Überlagerung von ebenen Wellen aufgebaut werden, deren Ausbreitungsrichtungen durch die Raumfrequenzen  $f_x$  und  $f_y$  vorgegeben werden. Ist der weitere Übertragungsweg frei, so bleibt das Raumfrequenzspektrum erhalten, d. h. an den Empfangspunkten entspricht die Feldstärkeverteilung dem Verlauf des Antennendiagramms. Im allgemeinen ist jedoch der Übertragungsweg nicht für alle Raumfrequenzen



**Bild 1**  
Darstellung des Übertragungssystems

frei, und damit weicht die Empfangsfeldstärkeverteilung zum Teil auch ganz erheblich von der Charakteristik des Antennendiagramms ab. Alle Raumfrequenzen, die auf Hindernisse auftreffen, kann man aufintegrieren (siehe **Bild 1**) und erhält eine Welle

$$b(x,y) = \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} B(f_x, f_y) \exp[i2\pi(f_x x + f_y y)] df_x df_y$$

Auf die gleiche Weise lassen sich die Raumfrequenzen beschreiben, die sich ungestört ausbreiten:

$$r(x,y) = \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} R(f_x, f_y) \exp[i2\pi(f_x x + f_y y)] df_x df_y$$

Die Erdoberfläche wird mit der Welle  $b(x,y)$  erregt und kann dann als zweites Antennensystem aufgefaßt werden, das die Welle  $o(x,y)$  ausstrahlt. Diese Welle wird, abgesehen von der Erregungswelle  $b(x,y)$ , nur durch die Topographie und die Morphographie bestimmt, d. h. die Geländeinformation ist in der von der Erdoberfläche ausgehenden Welle enthalten. Die Raumfrequenzspektren von  $o(x,y)$  und  $b(x,y)$  unterscheiden sich im allgemeinen ganz erheblich.

In einer Ebene des Empfangspunktes ergibt sich dann ein Interferenzfeld, gebildet aus der ungestörten Welle und der von der Erdoberfläche ausgehenden Welle, die man auch als Objektwelle bezeichnen kann. Da das Interferenzfeld durch kohärente Wellen aufgebaut wird, ist die Geländeinformation in diesem Wellenfeld enthalten, d. h. durch Speicherung der Intensitätsverteilung des Feldes würde man ein Geländehologramm erhalten. Die Verteilung der Feldstärke im UKW-Bereich ist ein Abbild der Topographie, und man kann schreiben:

$$e(x,y) = o(x,y) + r(x,y)$$

Eine exakte Berechnung der Empfangsfeldstärkeverteilung  $e(x,y)$  setzt die Kenntnis der beiden komplexwertigen Funktionen  $o(x,y)$  und  $r(x,y)$  voraus.

Im folgenden soll die Problematik zur Bestimmung von  $o(x,y)$  erläutert werden. Basierend auf dem „Whittaker-Shannon Sampling Theorem“ [1] muß eine Oberflächenbeschreibung mit einem maximalen Rasterabstand von weniger als einer halben Wellenlänge vorliegen; dazu gehören auch die optischen Parameter wie Leitfähigkeit und Dielektrizitätskonstante, wenn die Welle  $o(x,y)$  aus der Welle  $b(x,y)$  berechnet werden soll. Abgesehen davon, daß diese Forderung von keiner bisher zur Verfügung

stehenden Geländedatenbank erfüllt wird und wegen der Datenmenge ( $12,5 \cdot 10^{10}$  Rasterpunkte für den Bereich der Bundesrepublik Deutschland) vorerst auch nicht verfügbar sein wird, ist die Lösung in geschlossener Form bisher nicht möglich. Zur Berechnung der Welle  $o(x,y)$  ist die Wellengleichung für die vorgegebenen Randbedingungen an der Erdoberfläche zu lösen. Es sei angeführt, daß geschlossene Lösungen des Problems nur für einfache Strukturen (Kugel, Zylinder usw.) und Randbedingungen (unendliche Leitfähigkeit) vorliegen. Es wäre zu untersuchen, welche Erfolge hier mit der Methode der finiten Elemente erzielt werden können [2, 3].

Wegen der Komplexität einer exakten Lösung und wegen zu geringer Informationsdichte über die optischen Parameter und die Geländestruktur soll versucht werden, mit entsprechenden Näherungen brauchbare Ergebnisse zu erzielen.

Die Welle  $o(x,y)$  wird aufgebaut durch

- Reflexionen,
- Streuungen und
- Beugungen

der Welle  $b(x,y)$  an der Erdoberfläche. Es bietet sich daher eine Summenschreibweise für die Welle  $o(x,y)$  an:

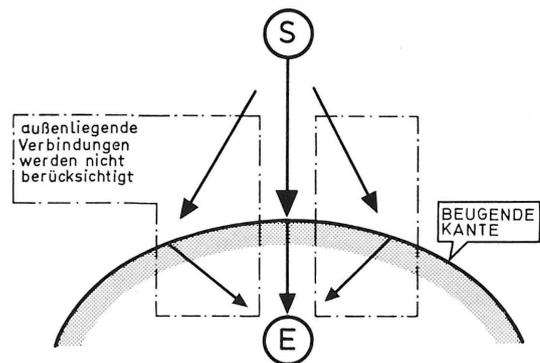
$$o(x,y) = r_e(x,y) + s(x,y) + d(x,y)$$

mit der reflektierten Welle  $r_e(x,y)$ , der gestreuten Welle  $s(x,y)$  und der gebeugten Welle  $d(x,y)$ .

Eine exakte Berechnung der Wellen  $r_e(x,y)$  und  $s(x,y)$  scheidet wegen mangelnder Detailinformation über die Erdoberfläche aus; eine Berücksichtigung von Reflexionen und Streuungen soll daher durch einen statistischen Faktor erfolgen, der von der Geländerauhigkeit und der Morphographie abhängt. Im folgenden soll der statistische Faktor  $k_{rs}$  nur eine Entfernungsabhängigkeit besitzen, d. h. bei verschiedenen Ausbreitungswegen gleicher Länge ist  $k_{rs}$  gleich. Die von der Erdoberfläche  $o(x,y)$  ausgehende Welle wird zerlegt in einen Anteil  $d(x,y)$  und einen Anteil  $k_{rs}$ :

$$o(x,y) = d(x,y) + k_{rs}$$

Die Berechnung des Beugungsfeldes eines Körpers bzw. eines Hindernisses in der Landschaft ist im allgemeinen ein dreidimensionales Problem. Zur Begrenzung des Rechenaufwandes ist es jedoch notwendig, sich auf die Berechnung eines Ausbreitungspfa-



**Bild 2**  
Schema zur vereinfachten Berechnung von Ausbreitungspfaden

des (der auf der Verbindungslinie Sender-Empfänger liegt) zu beschränken, d. h. Beugungseffekte, die von Geländepunkten außerhalb dieser Linie ausgehen, werden nicht erfaßt (**Bild 2**). Für die Beugungswelle ergibt sich dann folgende Näherung:

$$d(x, y) \approx d_v(x, y) \quad .$$

Dabei soll  $d_v(x, y)$  der Anteil des Beugungsfeldes sein, der sich bei dem oben beschriebenen Ausbreitungsweg ergibt.

Der Vollständigkeit wegen sei noch einmal die exakte Beschreibungsweise  $o(x, y)$  der Näherung  $o_n(x, y)$  gegenübergestellt:

$$o(x, y) = r_e(x, y) + s(x, y) + d(x, y) \quad ,$$

$$o_n(x, y) = k_{rs} + d_v(x, y) \quad .$$

Nachdem die Problematik einer Feldstärkevorhersage aus rein theoretischer Sicht und notwendige Näherungen für die praktische Durchführung diskutiert wurden, soll nun beschrieben werden, welche Arbeiten und Erfahrungen der Südwestfunk auf diesem Gebiet bisher gemacht hat.

### 3. Verschiedene Feldstärkevorhersagemodelle

In diesem Kapitel werden zum einen Verfahren nach CCIR-Empfehlung 370 beschrieben, die die Topographie durch statistische Parameter berücksichtigen, zum anderen Verfahren, die unter Zuhilfenahme einer Topographischen Datenbank eine Aussage über die Versorgungssituation machen.

#### 3.1. Verfahren nach CCIR-Empfehlung 370

##### 3.1.1. Feldstärkevorhersage mittels Ausbreitungskurven

Zur Vorhersage der Empfangsfeldstärke eines Senders wird sehr oft (so auch beim IRT) für Planungszwecke die CCIR-Empfehlung 370 herangezogen. Anhand von Ausbreitungskurven, in welche die effektive Sendeantennenhöhe als Parameter eingeht, wird die Empfangsfeldstärke in einer vorgegebenen Entfernung für eine Strahlungsleistung von 1 kW (ERP) ermittelt und auf die tatsächliche Strahlungsleistung umgerechnet. Die effektive Sendeantennenhöhe ist definiert als Höhe des Antennenschwerpunktes über dem mittleren Geländeniveau im Bereich von 3 bis 15 km. Die Ausbreitungskurven berücksichtigen damit die Geländestruktur nur für einen kleinen Teil des Ausbreitungsweges. Ihre Gültigkeit ist auf eine Geländerauhigkeit von  $\Delta h = 50$  m beschränkt [4].

Die Ausbreitungskurven existieren für die Zeitwahrscheinlichkeiten 50 %, 10 %, 5 % und 1 % und basieren auf Messungen, die hauptsächlich in den USA und in Westeuropa durchgeführt wurden [4]. Geht man davon aus, daß die Verteilung der Feldstärkepegel [in dB ( $\mu V/m$ )] bezüglich der Empfangsorte einer Gaußverteilung mit bekannter Standardabweichung gehorcht, so kann man die Ausbreitungskurven auf beliebige Quantile (d. h. Feldstärkepegel, die an einem bestimmten Prozentsatz der Orte überschritten werden) umrechnen.

##### 3.1.2. Feldstärkevorhersage mittels Ausbreitungskurven unter zusätzlicher Berücksichtigung der Geländerauhigkeit

Weicht das Gelände im Versorgungsgebiet vom quasi ebenen Gelände ( $\Delta h = 50$  m) ab, so sind entspre-

chende Korrekturen durchzuführen. Nach CCIR-Empfehlung 370-3 definiert man die Geländerauhigkeit als Differenz zwischen den 10%- und den 90%-Quantilen der Geländehöhe im Entfernungsbereich von 10 bis 50 km vom Sender. In Abhängigkeit von der Geländerauhigkeit werden Korrekturwerte für die Ausbreitungskurven im Entfernungsbereich bis 100 km und über 200 km angegeben. In diesen beiden Bereichen ist die Korrektur konstant, im Zwischenbereich ist der Übergang linear.

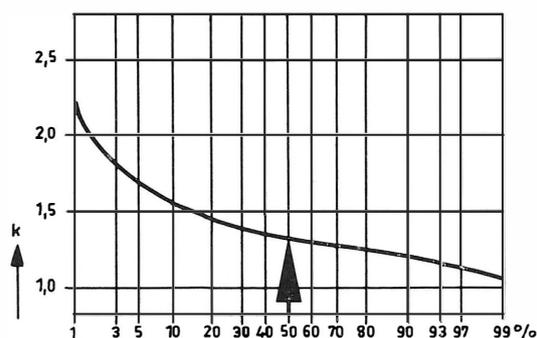
#### 3.2. Beurteilung der Empfangssituation unter Verwendung einer Geländeprofilatenbank

Beim Südwestfunk ist als Vorarbeit für die Bereitstellung von Geländedaten (Geländerauhigkeit und effektive Sendeantennenhöhe), wie sie für die Vorbereitung der Planungskonferenz gefordert werden, eine Geländeprofilatenbank entstanden. Diese Datenbank enthält für fast alle UKW-Senderstandorte radial angeordnete Geländeschnitte, wobei die azimutale Schrittweite  $10^\circ$  und die Strahlänge 60 km beträgt. Obwohl die jeweils 36 Geländeschnitte das Gelände in der Umgebung eines Senders nur sehr unvollständig wiedergeben (die Geländeschnitte haben an den Endpunkten einen Abstand von mehr als 10 km), so kann man doch eine Grobanalyse über die Form des Versorgungsgebietes machen.

##### 3.2.1. Einsehbarkeitsgrenzen

Obwohl Klarheit darüber besteht, daß die Beschreibung der Ultrakurzwellen mit den Mitteln der geometrischen Optik nicht zulässig ist, da insbesondere Beugungseffekte (die in sehr vielen Fällen die Empfangssituation begünstigen) vernachlässigt werden, bietet es sich zumindest für Voruntersuchungen an, mit Hilfe der Datenbank die vom Schwerpunkt der Sendeantenne aus einsehbaren Geländepunkte bzw. bei Berücksichtigung der Empfangsantennenhöhe der entsprechend angehobenen Geländepunkte zu ermitteln.

Da der Gradient des Brechungsindex der Luft die die elektromagnetischen Wellen beschreibenden Strahlen zur Erdoberfläche hin krümmt, ist es (um einen geradlinigen Strahlengang zu erhalten) sinnvoll, den Erdradius entsprechend zu korrigieren, d. h. mit einem Krümmungsfaktor zu versehen. Aus der statistischen Verteilung nach **Bild 3** ergibt sich der 50%-Wert des korrigierten Erdradius von  $r_k = 4/3 r$ .



**Bild 3**

Statistische Verteilung des Krümmungsfaktors  $k$  für Westdeutschland

Selbst bei Berücksichtigung der troposphärischen Brechung ergibt sich ein Gebiet, in dem die Versorgungssituation im allgemeinen zu pessimistisch dargestellt wird. Eine orientierende Beurteilung der Versorgungssituation kann durch Ergänzung bzw. Erweiterung zum Verfahren der Einsehbarkeit erfolgen. Um ein Maß für den Grad der Abschattung zu erhalten, bietet es sich an, folgende Untersuchungen durchzuführen:

1. Einsehbarkeit bei verschiedenen Sendeantennenhöhen,
2. Einsehbarkeit bei verschiedenen Empfangsantennenhöhen,
3. Zahl der Beugungen auf dem Ausbreitungsweg Sender-Empfänger,
4. Größe des Beugungswinkels zwischen Sender und Empfänger bei Einführung eines Ersatzhindernisses.

**3.2.2. Feldstärkevorhersage mittels Profildatenbank in Verbindung mit Verfahren nach CCIR**

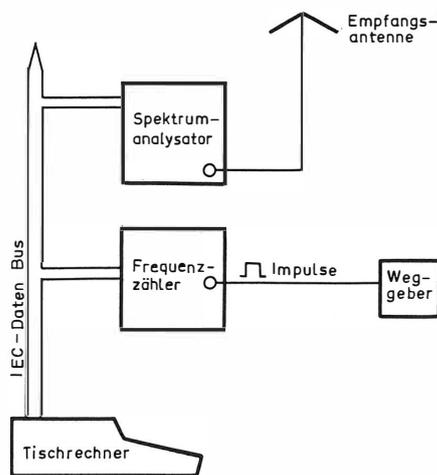
Mit Hilfe der verschiedenen Varianten der Einsehbarkeitsgrenzen auf den Radialstrahlen läßt sich zwar die Empfangssituation qualitativ recht gut darstellen, es wird jedoch keine Angabe über die Empfangsfeldstärke gemacht. Um eine Vorstellung über die Größe der Empfangsfeldstärke zu bekommen, kann man unter Zuhilfenahme der Ausbreitungskurven nach CCIR die Feldstärke in den einsehbaren Gebieten ermitteln. In abgeschatteten Gebieten ist die Beugungsdämpfung zu berücksichtigen, für deren Berechnung auf den CCIR-Bericht 715 zurückgegriffen werden kann. Im Falle von Mehrfachbeugungen kann man von seriell angeordneten „knife-edges“ ausgehen. Eine genaue Erläuterung zur Problematik der Beugungsdämpfung wird in 3.3. gegeben.

**3.3. Beurteilung der Empfangssituation unter Verwendung einer Topographischen Datenbank**

Wie schon erwähnt wurde, ist die Kenntnis der Geländestruktur des Ausbreitungsweges zur Berechnung der Systemeigenschaft und damit der Feldstärke unerlässlich. Für eine flächendeckende Feldstärkevorhersage ist die Bereitstellung einer Viel-

zahl von Ausbreitungswegen erforderlich; sie kann nur unter Verwendung einer Topographischen Datenbank erfolgen.

Nur in Einzelfällen ist es mit vertretbarem Arbeitsaufwand möglich, durch Anfertigung von einzelnen Geländeschnitten die topographische Struktur sowie die Morphographie für den Ausbreitungsweg zu erfassen. Vorarbeiten für die Entwicklung einer Topographischen Datenbank wurden beim Fernmeldetechnischen Zentralamt der Deutschen Bundespost (FTZ) vor etwa 10 Jahren begonnen. Als Daten-



**Bild 4**

Blockschaltbild des rechnergesteuerten Meßsystems

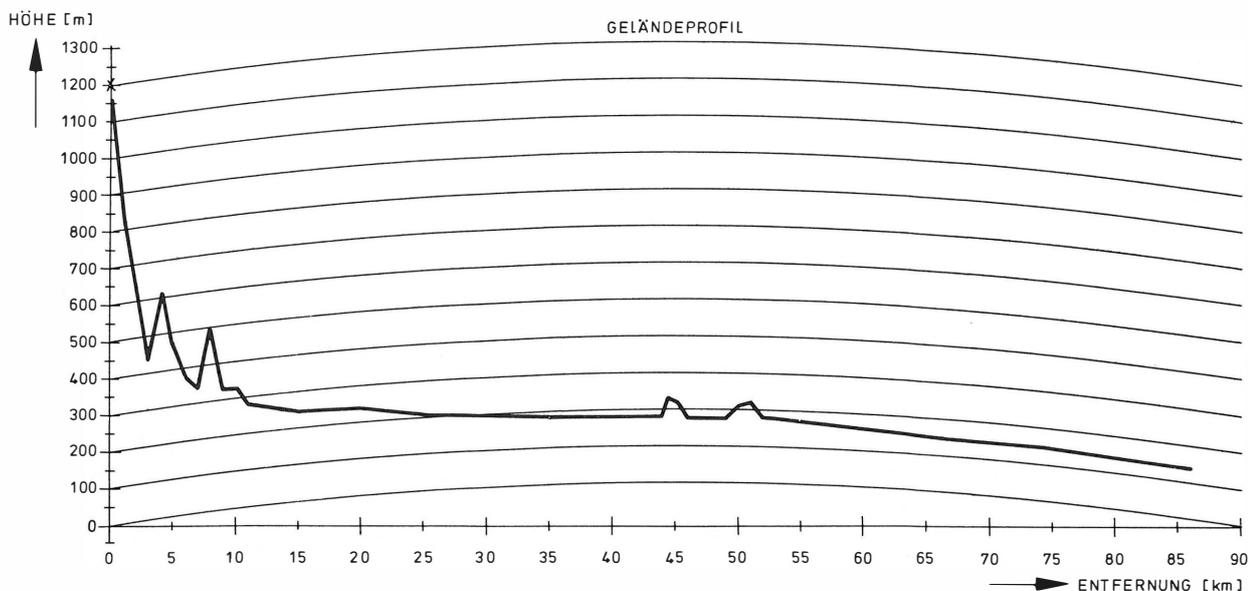


**Bild 5**

Übersicht über die Registrierstrecke Staufen—Kehl

AZIMUT : 7 Grad Nord über Ost  
HÖHE DER SENDEANTENNE : 34 m

$h_{\text{eff}} = 838 \text{ m}$



**Bild 6**

Geländeschnitt Staufen—Kehl mit Berücksichtigung der atmosphärischen Brechung und der Erdkrümmung

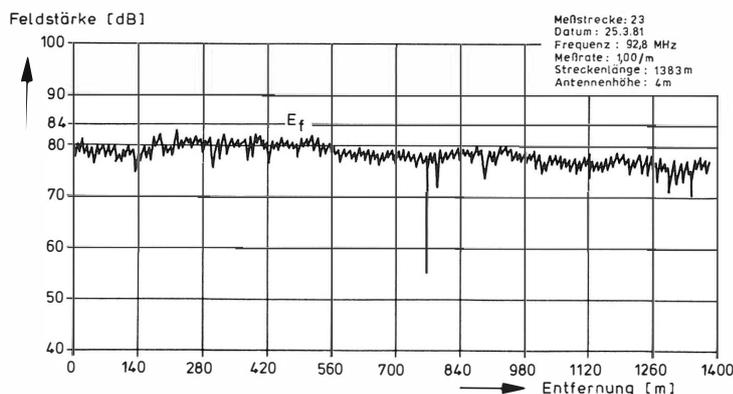
quelle für den Aufbau der FTZ-Datenbank wurden Meßtischblätter im Maßstab 1 : 25 000 für die topographischen Daten und Meßtischblätter im Maßstab 1 : 50 000 für die morphographischen Daten verwendet. Die Umsetzung der analogen Darstellung in rechnerkonforme digitale Beschreibung der topographischen Struktur erfolgte durch manuelles Digitalisieren, d. h. durch Linienverfolgung und deren Zuordnung zu einem topographischen bzw. morphographischen Wert. Die Morphographie wird durch insgesamt 10 verschiedene Klassen beschrieben [5]. Das oben genannte Rohdatenmaterial wurde für die Zuordnung von Werten zu den Matrixelementen in einer Datenbank mit einem Raster von 5 Bogensekunden verwendet. Für die geographischen Breiten

der Bundesrepublik ergibt sich dann ein Rasterpunktabstand von etwa  $150 \text{ m} \times 95 \text{ m}$ .

In der Zwischenzeit wurde diese Datenbank aufgrund einer Verwaltungsvereinbarung zwischen DBP und BMVg der IABG zur Verfügung gestellt. Die Freigabe der Datennutzung für Rundfunkzwecke bei der IABG wurde erreicht, und damit besteht die Möglichkeit, auf diese Daten für Versorgungsrechnungen zurückzugreifen.

### 3.3.1. Berechnung einer flächendeckenden Einsehbarkeit für unterschiedliche Empfangsantennenhöhen

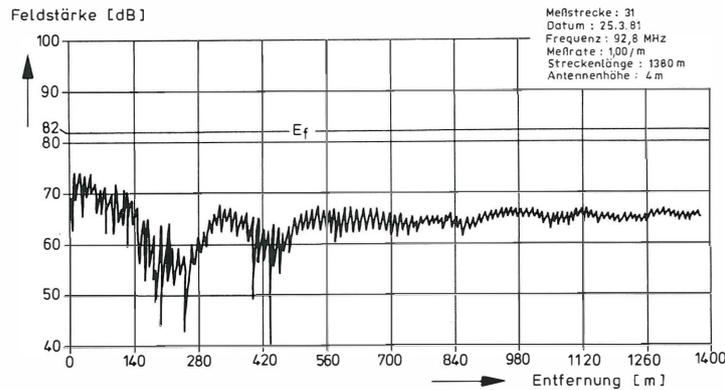
Mit den gleichen Verfahren, wie sie unter 3.2.1. beschrieben wurden, läßt sich mit Hilfe der Topographischen Datenbank eine flächendeckende Einsehbarkeitsrechnung durchführen. Zur Beurteilung der



**Bild 7**

Feldstärkeregistrierung (Blauen)

Meßstrecke 23, Feldstärkeverlauf über der Teilstrecke



**Bild 8**  
Feldstärkeregistrierung (Blauen)  
Meßstrecke 31, Feldstärkeverlauf über der Teilstrecke

Empfangssituation soll hier der Grad der Abschattung durch die Angabe von verschiedenen Resthöhen dargestellt werden. Unter Resthöhen wollen wir diejenigen Höhen verstehen, um welche die Geländehöhe angehoben werden muß, damit Einsehbarkeit besteht.

**3.3.2. Flächendeckende Feldstärkevorhersage**

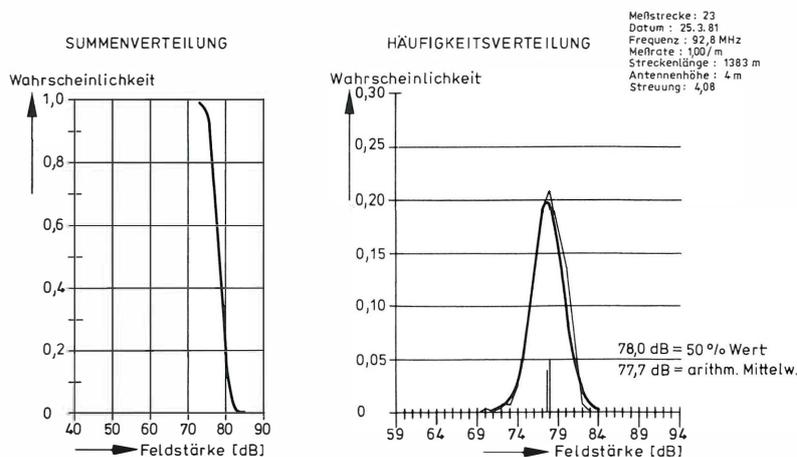
Mit der oben erwähnten Resthöhenberechnung läßt sich zwar die Versorgungssituation eines Gebietes qualitativ recht gut beurteilen, es wird jedoch keine Aussage über die Feldstärkeverteilung gemacht. Aus diesem Grunde bietet es sich an, Rechenverfahren zu benutzen, die es gestatten, die Empfangsfeldstärke flächendeckend vorzuberechnen.

**3.3.2.1. Feldstärkevorhersage bei einsehbarem Gebiet**

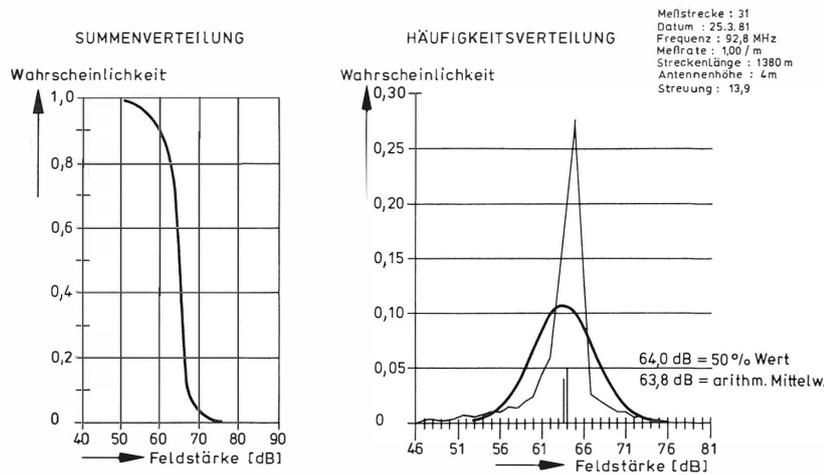
Da die Einsehbarkeitsgrenzen keine Aussage über die Empfangsfeldstärke machen, die letztlich von Interesse ist, erschien es sinnvoll, meßtechnisch den Feldstärkeverlauf im Sichtbereich von Sendern zu ermitteln. Wegen diffuser Reflexionen ist bei niedrigen Empfangsantennenhöhen ein Verlauf der Feldstärke zu erwarten, der erheblich von der Freiraumfeldstärke abweicht.

Zur Ermittlung des Dämpfungsfaktors gegenüber der Freiraumfeldstärke wurden im Versorgungsgebiet des Senders Blauen Feldstärkeregistrierungen durchgeführt.

Mit dem in **Bild 4** als Blockschaltbild dargestellten rechnergesteuerten Meßsystem läßt sich die Empfangsspannung in digitaler Form aufzeichnen und zu einem späteren Zeitpunkt ausgeben oder aber weiterverarbeiten. Als Empfangsantenne wird ein UKW-Kreuzdipol verwendet, der in einer Höhe von 5 m über dem Erdboden angebracht ist. Im Hinblick auf die Näherungen, die beim Ausbreitungsmodell gemacht werden, wäre es besser, mit einer stark bündelnden Richtantenne zu arbeiten, da durch ihre stark selektierenden Eigenschaften Raumfrequenzen, die sich außerhalb des Ausbreitungspfades Sender-Empfänger befinden, stark gedämpft werden. Problematisch bei der Verwendung einer Richtantenne ist jedoch die Ausrichtung der Antenne zum Sender. Besonders in abgeschatteten Gebieten ist es manuell kaum möglich, die Antenne entsprechend auszurichten; aus diesem Grund wurde auf die meßtechnisch einfachere zu handhabende Rundempfangsantenne zurückgegriffen. Vor den Registrierfahrten wurde die



**Bild 9**  
Feldstärkeregistrierung (Blauen)  
Meßstrecke 23, Summen- und Häufigkeitsverteilung



**Bild 10**  
**Feldstärkeregistrierung (Blauen)**  
Meßstrecke 31, Summen- und Häufigkeitsverteilung

Rundstrahlcharakteristik für die Empfangsfrequenzen überprüft.

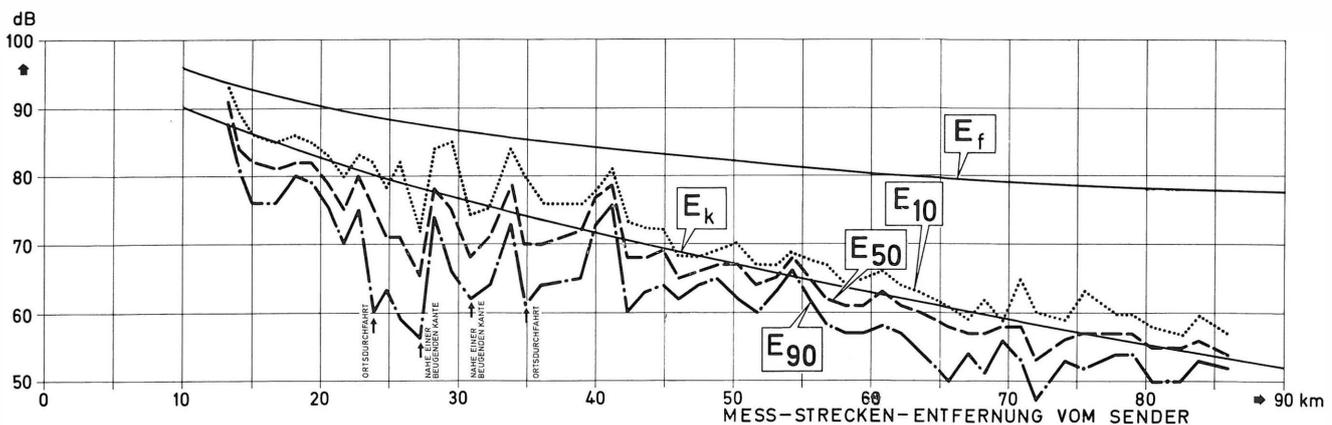
Der Verlauf der Registrierstrecke ist in **Bild 5** eingezeichnet und deckt sich im wesentlichen mit der Verbindungslinie Staufen-Kehl. Aus dem Geländeschnitt in **Bild 6** geht hervor, daß die Registrierstrecke im Bereich von 13 bis 87 km fast vollständig in einseharen Gebieten verläuft. Die Gesamtlänge der Registrierstrecke liegt damit bei 74 km. Zur Bestimmung des Feldstärkeverlaufs wurde die Antennenspannung jeweils für eine Teilstrecke der Länge 1 bis 1,4 km mit einer Meßrate von 1/m aufgenommen. Typische Feldstärkeverläufe der Teilstrecken sind beispielhaft in **Bild 7** und **8** dargestellt. Beide Feldstärkenschriebe zeigen eine mehr oder weniger starke Feldstärkeschwankung, die aus einem Interferenzfeld resultiert.

Deutlich ist erkennbar, daß die Freiraumfeldstärke auch dann nicht erreicht wird, wenn ein Interferenzmaximum auftritt, d. h. zu der relativ niedrig über dem Erdboden angebrachten Antenne gelangen im wesentlichen keine Raumfrequenzen, die direkt von der Sendeantenne ausgehen. Daher soll bei nied-

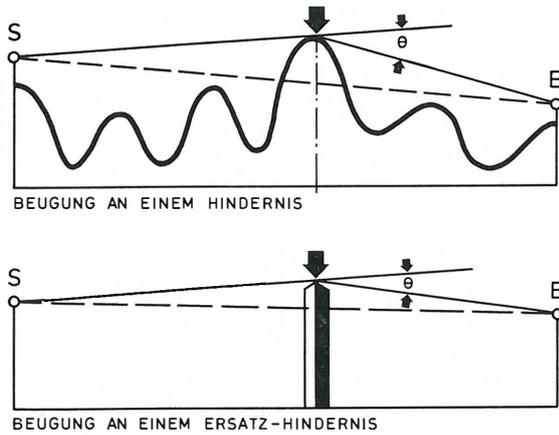
rigen Empfangsantennenhöhen die in **2.** erwähnte Welle  $r(x, y)$  vernachlässigt werden.

Das Ergebnis einer statistischen Auswertung der Feldstärkeregistrierungen in Form von Verteilungsfunktionen und Summenverteilungen ist in **Bild 9** und **10** dargestellt. Die zusätzlich eingezeichneten zugehörigen Gaußverteilungen machen deutlich, daß eine Normalverteilung der Feldstärkepegel nicht immer gegeben ist. Dies gilt besonders dann, wenn die Morphographie sich innerhalb der Registrierstrecke ändert.

Die Rundfunkversorgung wird bei der Planung für den stationären Empfang nach den Medianwerten der Feldstärke beurteilt, d. h. nach dem Feldstärkepegel, der bei 50% der Orte überschritten wird. Das Ausmaß der Feldstärkeschwankung und deren Charakteristik kann man durch Quantile (Feldstärkepegel) beschreiben, die an einem bestimmten Prozentsatz der Orte überschritten werden. Die verschiedenen Quantile sind aus den Summenverteilungen, wie sie in **Bild 9** und **10** dargestellt sind, abzulesen. Drei Quantile (10%-, 50%- und 90%-Werte) sind für die einzelnen Strecken in **Bild 11** dargestellt.



**Bild 11**  
Feldstärkepegel (10%-, 50%- und 90%-Werte) für die einzelnen Strecken



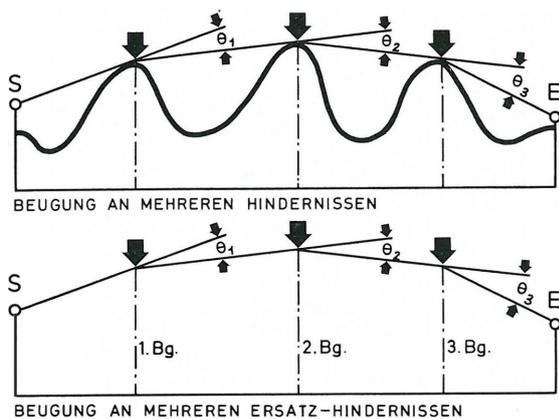
**Bild 12**  
Beugung an einem Hindernis

Daraus wird deutlich, daß der Verlauf aller Quantile in Abhängigkeit von der Entfernung erheblich von der Freiraumfeldstärke  $E_f$  abweicht. Die teilweise große Streuung der Quantile, besonders im Bereich zwischen 23 und 42 km, ist im wesentlichen auf Einflüsse der Morphographie zurückzuführen.

Subtrahiert man vom Verlauf der Freiraumfeldstärke [dB ( $\mu$ V/m)] den Wert  $B_{gk} = 0,25 \cdot d + 2,5$  ( $d$  = Entfernung vom Sender in km), so ergibt sich ein Feldstärkeverlauf, der im wesentlichen die Medianwerte repräsentiert. Besonders im Bereich 43 bis 86 km schwanken die Meßwerte nur geringfügig um die mit dem Faktor  $B_{gk}$  korrigierten Freiraumfeldstärkewerte. Für die Empfangsfeldstärke  $E_e$  bei einsehbarem Gebiet und bei niedrigen Empfangsantennenhöhen soll dann näherungsweise gelten:

$$E_e = E_k = E_f - B_{gk}$$

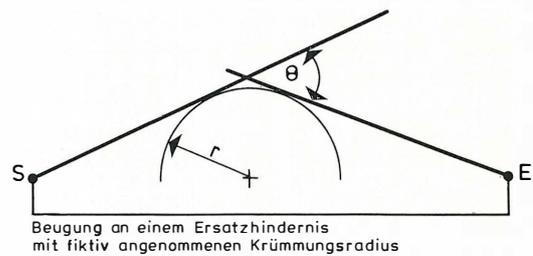
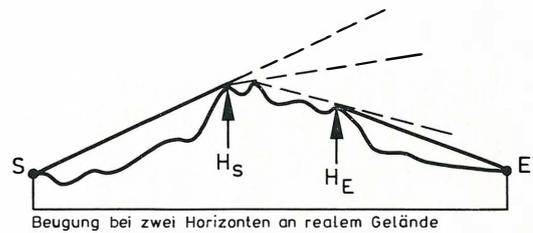
Prinzipiell ist es möglich, aus diesen Messungen den Verlauf beliebiger Quantile der Feldstärke in Abhängigkeit vom Abstand zu entwickeln. Dies wäre beispielsweise für die Beurteilung des mobilen Empfangs angebracht, da hier für die gute Versorgung größere Ortswahrscheinlichkeiten als 50 % anzusetzen sind.



**Bild 13**  
Beugung an mehreren Hindernissen

**3.3.2.2. Feldstärke bei nicht einsehbarem Gebiet**

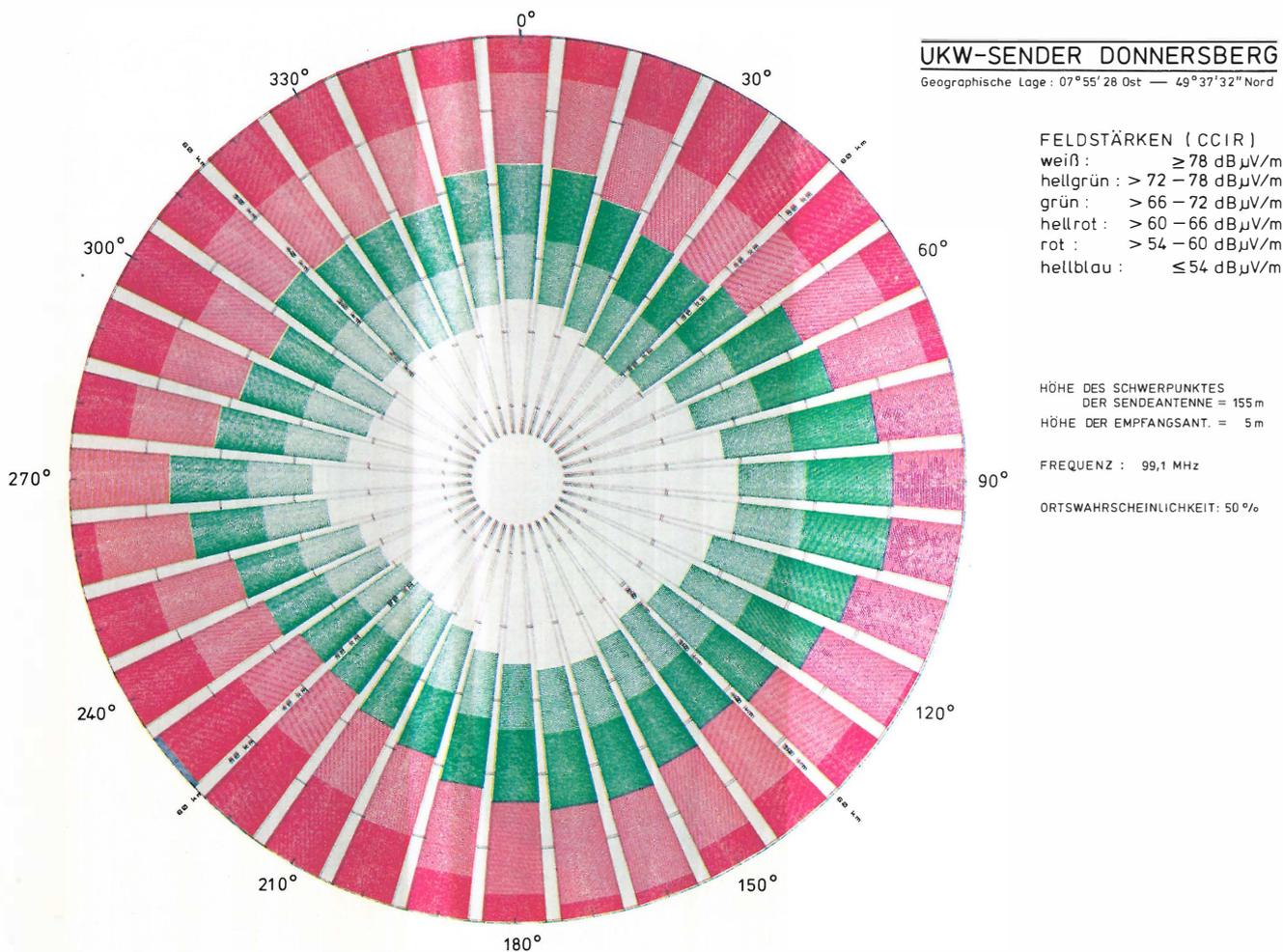
Bei nicht einseharen Gebieten wird das Empfangsfeld durch Beugungs- und Streuwellen aufgebaut. Wenn hier von Streuungen die Rede ist, so ist damit auch die Streuung durch die Troposphäre (Scatter) gemeint. Es soll jedoch davon ausgegangen werden, daß die Scatterdämpfung so hoch ist, daß der Beitrag der Scatterwelle zum Empfangsfeld kaum eine Rolle spielt. Ebenfalls soll eine Beschreibung der Streuung an der Erdoberfläche und den darauf befindlichen Objekten vernachlässigt werden, da eine genaue Information über die Streuobjekte nicht vorliegt. Die elektrische Erregung des optischen Schattenbereiches soll damit vorherrschend durch Beugungseffekte hervorgerufen werden, d. h. das Wellenfeld wird im wesentlichen durch die Beugungswelle aufgebaut. Dieses Eindringen der elektromagnetischen Welle in den Schattenbereich läßt sich physikalisch mit der Unschärferelation erklären. Diese Theorie beinhaltet unter anderem, daß eine Lokalisierung von Energiequanten (hier: Quanten



**Bild 14**  
Beugung an realen Geländepunkten

der UKW-Welle) durch Hindernisse eine Änderung ihrer Impulse verursacht. Diese Impulsänderung bewirkt ein Eintauchen der Quanten in den Schattenbereich des Hindernisses und wird als Beugung bezeichnet. Eine weitere Vernachlässigung wird dadurch getroffen, daß die Ausbreitung der Wellen in Ductschichten, wie sie bei Inversionswetterlagen auftreten und die zu Überreichweiten führen, ausgeklammert wird.

Die Behandlung von Beugungsproblemen an Körpern mit komplizierter Oberflächenstruktur und stark wechselnden elektrischen Eigenschaften (Dielektrizitätskonstante und Leitfähigkeit) ist ein sehr schwieriges theoretisches Problem und in analytischer Form nur für wenige Körper lösbar bzw. gelöst worden. Grundsätzlich ist für solche Körper die Wellengleichung in einem geeigneten Koordinatensystem darzustellen und unter Erfüllung der Randbedingungen zu lösen. Lösungen für die Beugungs-



**Bild 15**  
Flächen gleicher Feldstärke

probleme gibt es beispielsweise für eine Kugel, einen Zylinder, einen Keil, einen sektorförmigen Schlitz und eine Halbebene. In der angelsächsischen Literatur wird hier meistens von „knife-edge“ gesprochen.

Wird die Sicht zwischen Sender und Empfänger nur durch eine Erhebung gestört, so soll die Beugung am Hindernis so behandelt werden, als ob es sich um eine Halbebene handelt (**Bild 12**). Dieses Modell ist dann besonders realitätsbezogen, wenn die Erhebung scharfkantig, quer zur Ausbreitungsrichtung orientiert und die elektrische Leitfähigkeit unendlich groß ist. Da aber, wie schon erwähnt wurde, auch Beugungseffekte außerhalb der Verbindungslinie Sender-Empfänger einen Beitrag zur Feldstärkeverteilung liefern, aber aus Gründen der Rechenzeit nicht behandelt werden können, soll auch auf die Berücksichtigung der Orientierung von Hindernissen verzichtet werden.

Auf die mathematische Formulierung des Beugungsproblems an einer Halbebene soll hier nicht näher eingegangen werden. Die Behandlung des Problems findet in der einschlägigen Literatur breiten Raum.

Wird die Sichtlinie durch mehrere Hindernisse unterbrochen, so kann man den Ausbreitungsweg

näherungsweise als seriell angeordnete Halbebenen aufbauen (siehe 3.2.2.) und für jeden Beugungsschirm die Beschreibungsweise für eine „knife-edge“ anwenden, wobei dann jeweils die zuletzt behandelte Beugungskante wiederum als Sender fungiert (**Bild 13**).

Diese Methode kommt in 3.2.2. zur Anwendung und ist in der Literatur unter dem Begriff Bullington-Methode [6] bekannt. In der Literatur wird jedoch angeführt, daß schwer zu charakterisierende Fehler auftreten, da die Abweichung bezüglich des tatsächlichen Wertes einmal nach oben, einmal nach unten ausfällt und zusätzlich kein systematischer Fehler erkennbar ist. Obwohl der Südwestfunk mit dieser Methode bisher recht gute Erfahrungen gemacht hat, hat man sich aus den oben erwähnten Gründen entschlossen, im Falle mehrerer Hindernisse diese durch ein Ersatzhindernis in Form eines Zylinders zu beschreiben [7]. Aus **Bild 14** erkennt man, daß Mehrfachbeugungen an realen Geländepunkten durch eine Einfachbeugung an einem fiktiv angenommenen Zylinder beschrieben werden. Nachteilig ist hier, daß die Geländestruktur zwischen den beiden Horizonten  $H_S$  und  $H_E$  (**Bild 14**) bei der Be-

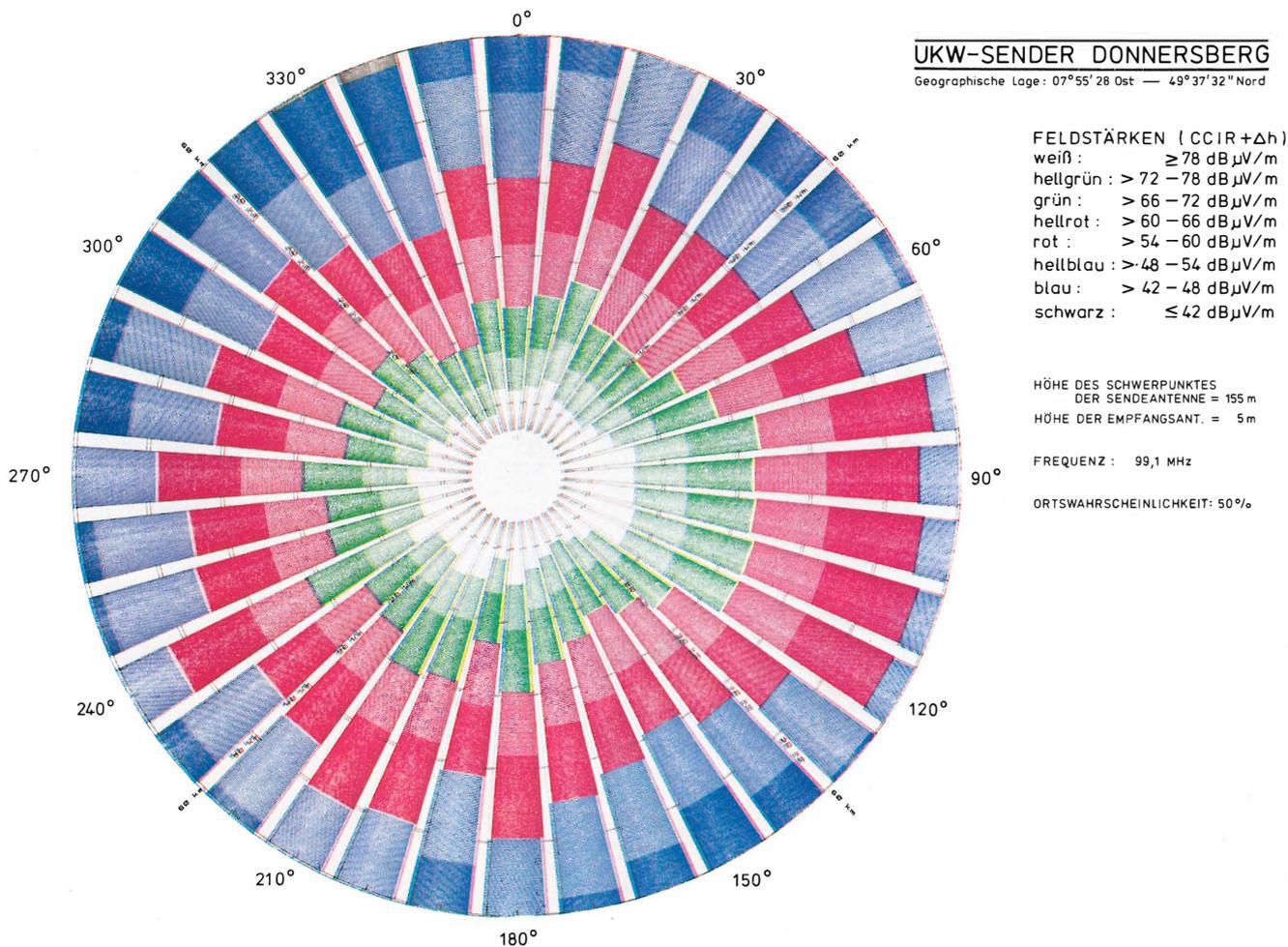


Bild 16

Flächen gleicher Feldstärke bei Berücksichtigung der Geländerauhigkeit

rechnung der Beugungsdämpfung nicht berücksichtigt wird.

Für die Empfangsfeldstärke kann man dann näherungsweise schreiben:

$$E_e = E_f - B_{gk} - D$$

In dieser Gleichung beschreibt die Größe  $D$  die Beugungsdämpfung für die oben erwähnten Ersatzhindernisse.

#### 4. Exemplarischer Vergleich der verschiedenen Verfahren zur Beurteilung der Versorgungssituation

Um den Vorteil von Verfahren zur Beurteilung der Empfangssituation unter Verwendung relativ genauer Informationen über die topographische Struktur zu demonstrieren, soll hier beispielhaft die Versorgungssituation im Gebiet des UKW-Senders Donnersberg unter Zuhilfenahme von verschiedenen vorgestellten Techniken berechnet und graphisch dargestellt werden.

##### 4.1. Feldstärkeberechnung nach CCIR

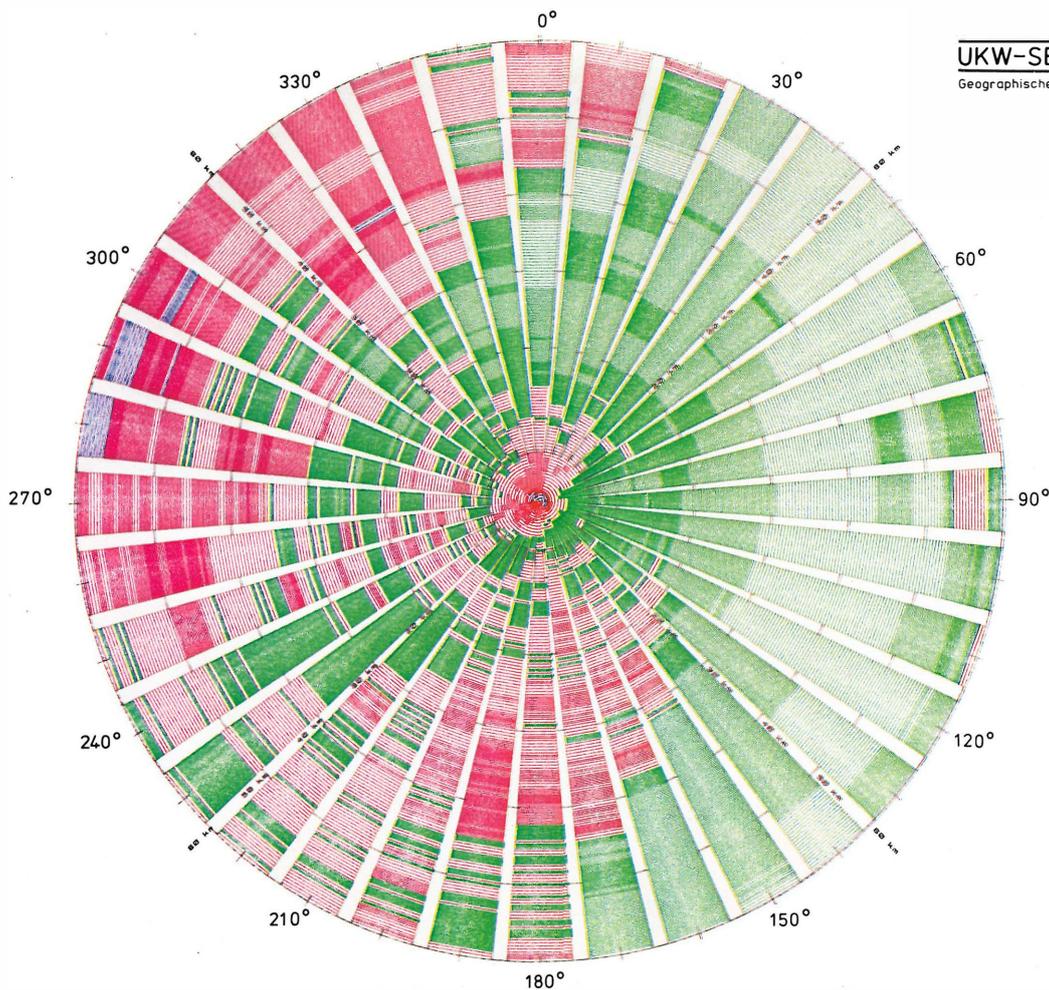
###### 4.1.1. Ausbreitungskurven

In Bild 15 ist die Versorgungssituation durch Flächen gleicher Feldstärke dargestellt, wie sie sich

nach dem Verfahren von 3.2.1. ergibt. Die berechnete Feldstärke wird ausschließlich durch die Strahlungsleistung des Senders sowie durch dessen effektive Antennenhöhen für die 36 Richtungen bestimmt. Eine mit einer bestimmten Feldstärke versorgte Fläche stellt sich bei dieser Rechenmethode als ein zusammenhängendes Gebiet dar. Aus der Darstellung geht hervor, daß die Feldstärke auf einem Radialstrahl mit zunehmender Entfernung abnimmt. Eine Korrelation zwischen Empfangsfeldstärke und topographischer Höhe ist nicht gegeben.

###### 4.1.2. Ausbreitungskurven und Geländerauhigkeit

Ergänzt man die Rechenmethode von 4.1.1. durch den zusätzlichen Parameter der Geländerauhigkeit, so ergibt sich ebenfalls ein zusammenhängendes Versorgungsgebiet bei der Vorgabe bestimmter Empfangsfeldstärken. Die zusätzliche Geländeinformation deformiert das in Bild 15 noch weitgehend vorhandene Strahlungsdiagramm der Sendeantenne erheblich. Die versorgte Fläche stellt sich auch hier wieder als zusammenhängendes Gebiet dar, sie ist jedoch wegen der Berücksichtigung zusätzlicher Geländedämpfung geringer (Bild 16). Die größte Reichweite wird in Richtung 80 bis 120° erreicht.



**UKW-SENDER DONNERSBERG**

Geographische Lage: 07°55'28 Ost — 49°37'32" Nord

HÖHENWERTE [m]	
dunkelgrün :	0-100
grün :	101-200
hellgrün :	201-300
dunkelrot :	301-400
rot :	401-500
hellrot :	501-600
dunkelblau :	601-700
blau :	701-800
hellblau :	>800

**Bild 17**  
Flächen gleicher topographischer Höhe

**4.2. Versorgungssituation mit der Geländeprofildatenbank**

**4.2.1. Geländeprofil**

In **Bild 17** sind die Geländeprofile in Form von 12 Höhenklassen für 36 Richtungen dargestellt. Anhand dieser Geländeinformation lassen sich die Grobstrukturen im Gelände sehr gut erkennen. Der Übergang vom Pfälzer Wald zur Rheinebene (Richtung West nach Ost) kommt beispielsweise recht gut zum Ausdruck. Das Rheintal selbst wird durch die hellgrün kolorierte Fläche dargestellt. Die hellrot dargestellten Teilflächen in Richtung 80° und 90° deuten auf den Beginn des Odenwaldes hin.

**4.2.2. Beugungsübersicht**

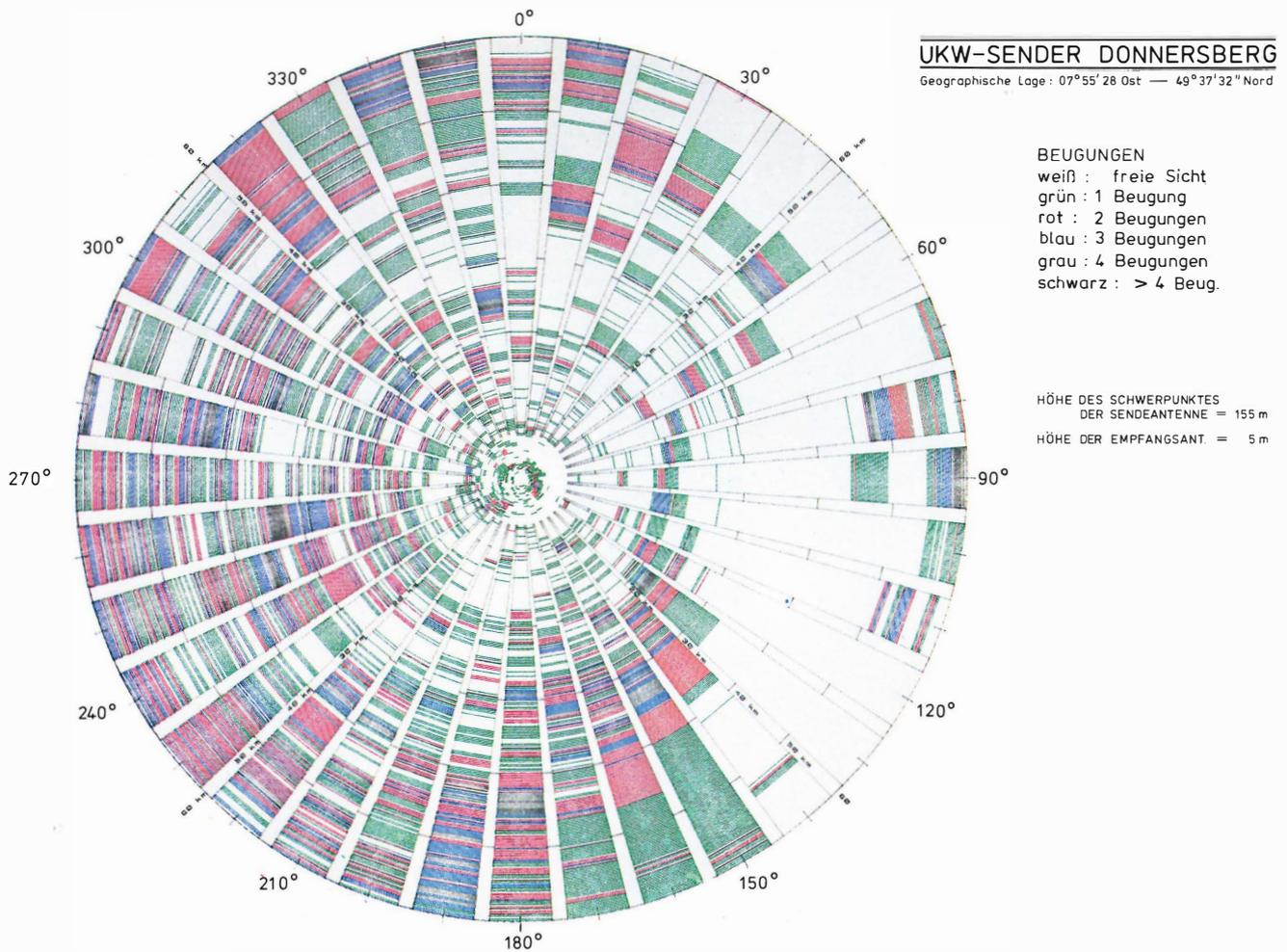
Zur Charakterisierung der Empfangssituation kann man die Zahl der Beugungen, wie sie auf dem Ausbreitungsweg zwischen Sender und Empfänger auftreten, berechnen und graphisch darstellen (**Bild 18**). Es kommt deutlich zum Ausdruck, daß die Versorgung im Rheintal im wesentlichen ohne gebeugte Wellen erfolgt. Besonders in nördlicher, westlicher und südlicher Richtung werden größere Gebiete durch Mehrfachbeugungen bedient. Beim Vergleich von **Bild 17** und **18** kann von einer gewissen Ähnlichkeit gesprochen werden.

**4.2.3. Übersicht über die Beugungswinkel**

Entsprechend **Bild 18** bietet es sich als Alternative an, nicht die Zahl der Beugungen, sondern die Größe des Beugungswinkels in Form von Klassen aufzuzeigen (**Bild 19**). Unter Beugungswinkel soll hier die Summe der Beugungswinkel der Einfachbeugungen verstanden werden. Trotz der Darstellung unterschiedlicher Größen ähneln sich **Bild 18** und **19** sehr stark. Im Rheintal ist die Versorgung unproblematisch, in den übrigen Richtungen gibt es Gebiete, in denen die elektromagnetischen Wellen unter einem großen Beugungswinkel zum Empfänger gelangen.

**4.2.4. Feldstärkeübersicht auf den Radialstrahlen**

Während die bisherigen Darstellungen zwar das Versorgungsgebiet charakterisieren, aber keine Aussage über die Empfangsfeldstärke machen, wird in **Bild 20** eine Aussage über die Empfangsfeldstärke auf den Radialstrahlen gemacht. In unmittelbarer Nähe des Senders bis zu Entfernungen von 20 km ist die Empfangsfeldstärke für alle azimutalen Richtungen ausreichend, wenn man eine Empfangsfeldstärke von 54 dB ( $\mu\text{V}/\text{m}$ ) zugrunde legt. Trotz großer Beugungswinkel und Beugungskanten reicht die Strah-

**Bild 18**

Flächen gleicher Beugungszahlen

lungsleistung aus, um die Geländedämpfung zu kompensieren. Für größere Entfernungen ergibt sich kein zusammenhängendes Versorgungsgebiet mehr, wenn man vom Bereich der Rheinebene absieht. Aus dem Ergebnis der Feldstärkeberechnungen kann man die Form des Versorgungsgebietes recht gut ablesen.

#### 4.3. Versorgungssituation unter Zuhilfenahme der Topographischen Datenbank

##### 4.3.1. Einsehbarkeit

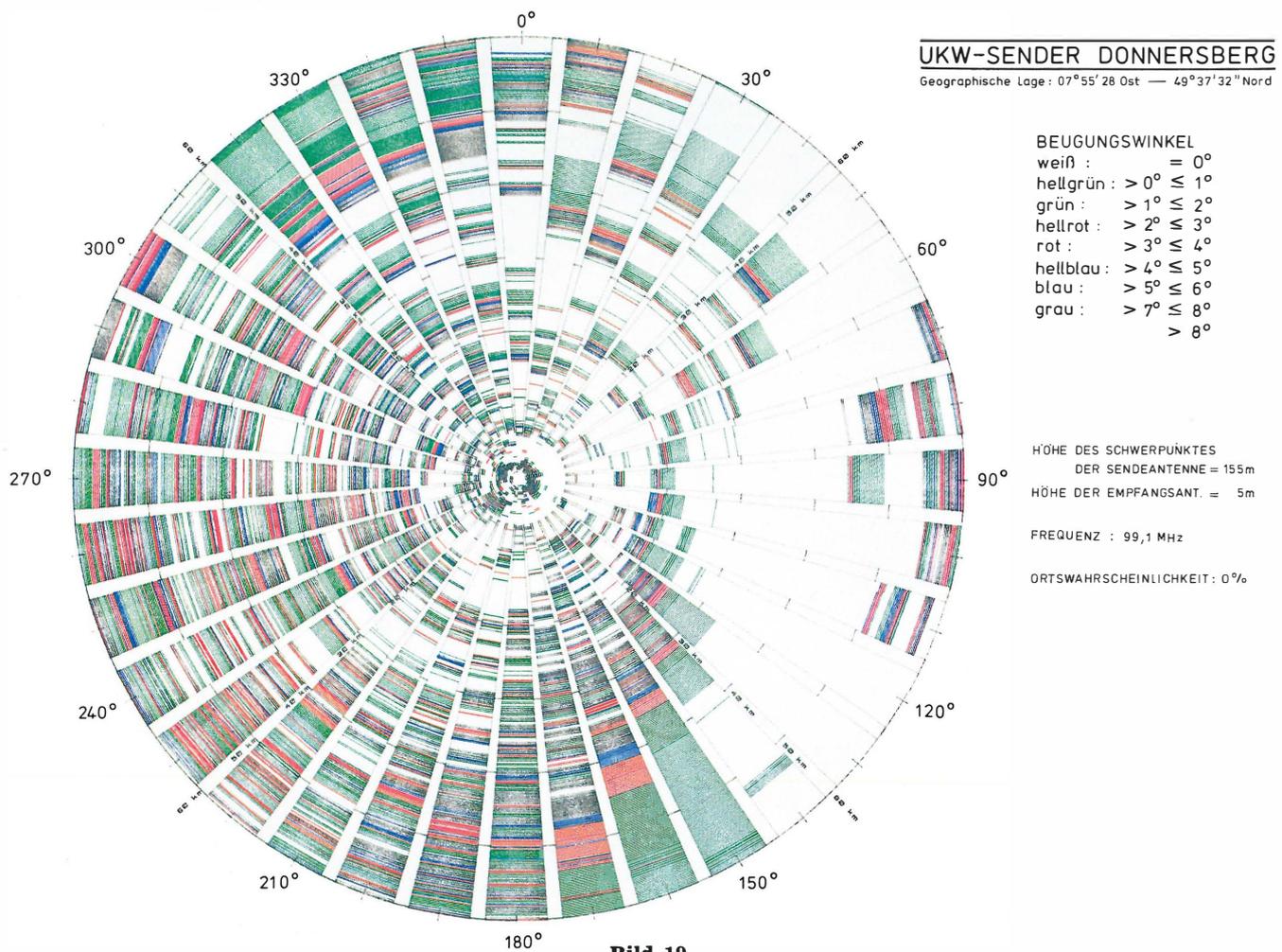
Beschreibt man die Ausbreitung der elektromagnetischen Wellen im UKW-Bereich mit den Mitteln der geometrischen Optik, so ergibt sich für den Sender Donnersberg eine Versorgungssituation, wie sie in **Bild 21** gezeigt wird. Alle hell erscheinenden Flächen sind bei einer Empfangsantennenhöhe von 15 m einsehbar. Die 1. Graustufe und die 2. Graustufe gelten für die Empfangsantennenhöhen 30 m und 50 m. Die schwarz erscheinenden Gebiete sind auch bei Antennenhöhen von 100 m nicht einsehbar.

Die Berechnungen basieren auf einer Höhendatei mit  $880 \times 880$  Geländepunkten im Abstand von  $203 \text{ m} \times 203 \text{ m}$ , die aus der Topographischen Datenbank erstellt wurde. Die Originalplots sind so angelegt, daß die graphisch dargestellten Rechenergebnisse an Kar-

ten im Maßstab 1 : 200 000 angepaßt sind. Beim Vergleich der Topographie mit den einsehbaren Gebieten ist deutlich erkennbar, wie sich das Höhenprofil in der Einsehbarkeitsgraphik abbildet. Dies gilt ganz besonders für den Verlauf des Rheintals im Bereich Nierstein–Mainz.

##### 4.3.2. Feldstärkevorhersage

Das Ergebnis einer Feldstärkevorhersagemethode, wie sie in 3.3.2. beschrieben wurde, liegt in Form eines vierstufigen Grauplots vor und ist in **Bild 22** dargestellt. In Anlehnung an **Bild 21** beträgt die Empfangsfeldstärke im Bereich der hell erscheinenden Flächen mehr als  $54 \text{ dB } (\mu\text{V/m})$ . Die 1. und die 2. Graustufe kennzeichnen einen um jeweils 6 dB geringeren Feldstärkewert. Im Bereich der schwarz erscheinenden Flächen wird eine Empfangsfeldstärke von  $42 \text{ dB } (\mu\text{V/m})$  unterschritten. Ein Vergleich von **Bild 21** und **22** zeigt, daß die Beugungserscheinungen die Empfangssituation erheblich begünstigen. Die Beurteilung der Empfangssituation durch die Darstellung von einsehbaren Gebieten ist zu pessimistisch und ist für Detailanalysen nicht geeignet. Besonders im Rheintal und im Bereich Landau–Karlsruhe ist deutlich erkennbar, daß die Beugung der Ultrakurz-



**Bild 19**  
Flächen gleicher Beugungswinkel

wellen nicht vernachlässigt werden darf. Bei der in **Bild 22** ausgewiesenen Versorgungslücke im Bereich von Bensheim handelt es sich um einen Fehler, der aus einem Grobfehler der verwendeten Geländedatenbank resultiert.

#### 4.3.3. Korrelation der Feldstärkevorhersagewerte mit der Feldstärkemessung

Zur Überprüfung der theoretisch ermittelten Werte mit den tatsächlichen Feldstärkewerten wurden Registrierungen im Gebiet des Senders Donnersberg durchgeführt. Die Gesamtstreckenlänge betrug etwa 600 km. Zum Vergleich der Messung mit den Berechnungen wurden 50%-Quantile für Teilstrecken gebildet, in denen die Feldstärkeverteilung sich nicht wesentlich änderte. Die sich dann ergebenden 581 repräsentativen Feldstärkeproben wurden wie folgt klassifiziert:

- $K_1 < 42 \text{ dB } (\mu\text{V/m})$
- $42 \leq K_2 < 48 \text{ dB } (\mu\text{V/m})$
- $48 \leq K_3 < 54 \text{ dB } (\mu\text{V/m})$
- $54 \leq K_4 \quad \text{dB } (\mu\text{V/m}).$

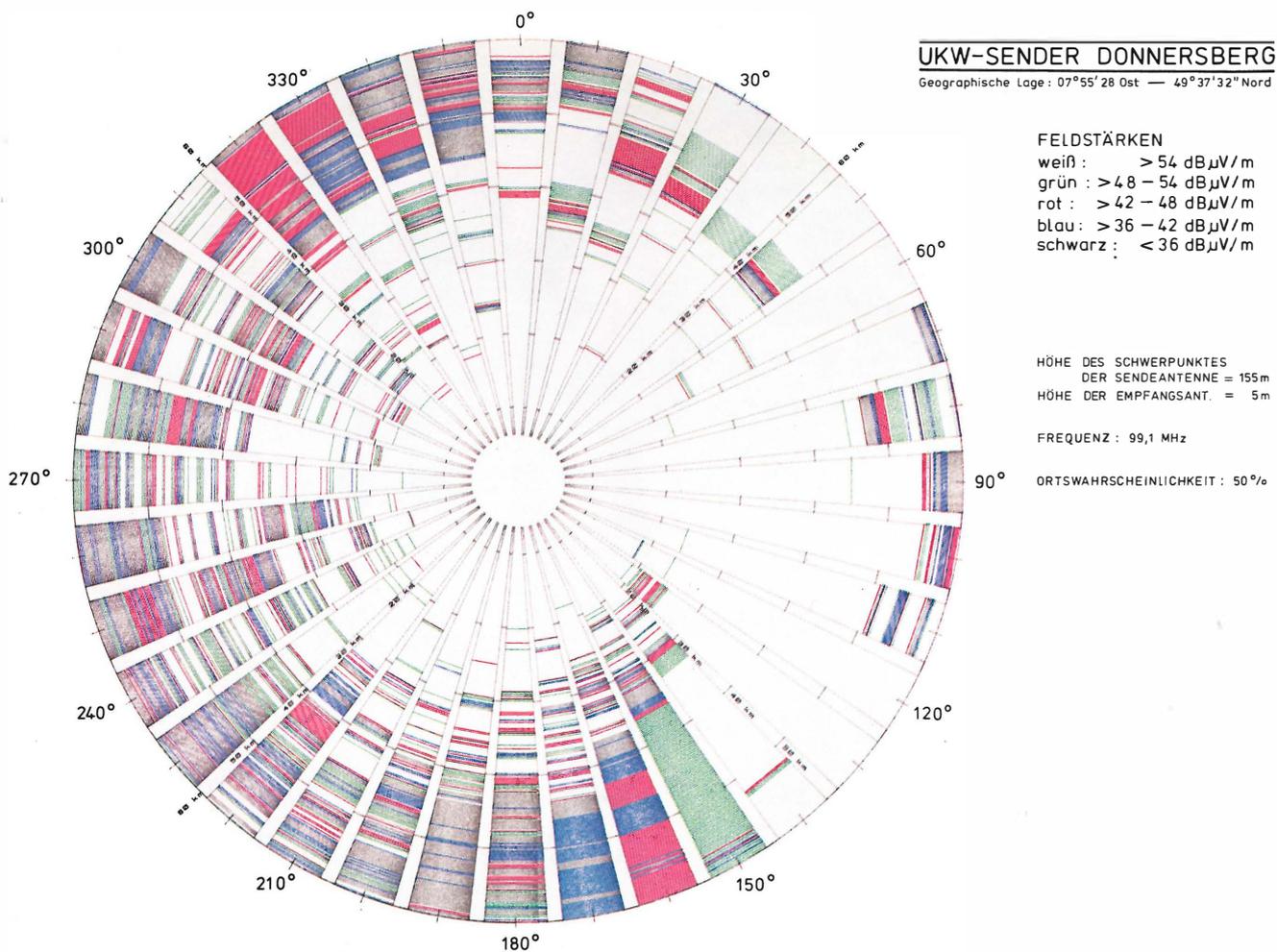
In **Bild 23** werden die entsprechenden Klassen und die theoretischen Verfahren in Form von Korrela-

tionshistogrammen mit denen der Messung verglichen.

Bei den Verfahren nach CCIR (ohne Berücksichtigung der Geländerauhigkeit) wird in etwa 70 % der Fälle eine zu hohe Feldstärke vorausgesagt. Da die Ausbreitungskurven nur für quasi ebenes Gelände Gültigkeit haben und diese Bedingung im Versorgungsgebiet des Senders Donnersberg nicht gegeben ist, wird eine von der Geländerauhigkeit abhängende Dämpfung bei der Berechnung mitberücksichtigt. So verbessert sich die Korrelation von Berechnung und Messung erheblich, es kommt zur Ausbildung eines Maximums im Bereich der Klassenabweichung Null. Auch bei dieser Methode wird die Feldstärke in knapp 50 % der Fälle zu optimistisch beurteilt.

Bei der Feldstärkevorhersage mittels Topographischer Datenbank wird deutlich, daß die Vorhersage extrem konservativ ist, d. h. die errechneten Feldstärkewerte sind in den meisten Fällen zu niedrig, nur in etwa 1 bis 2 % der Fälle wird eine zu hohe Feldstärke vorhergesagt.

Wird angenommen, daß die gemessenen Feldstärkewerte um 6 dB niedriger liegen, so ist (wie aus **Bild 22** ersichtlich) schon eine große Übereinstim-



**Bild 20**  
Flächen gleicher Feldstärke bei Berücksichtigung der Beugungsdämpfung

mung mit der Realität gegeben. Diese Verschiebung hätte die Wirkung eines Korrekturfaktors. Es muß allerdings noch untersucht werden, ob der Korrekturfaktor von 6 dB generell zu einer guten Übereinstimmung zwischen Berechnung und Messung führt oder ob dieser Faktor eine Funktion der Geländestruktur des Versorgungsgebietes ist.

**5. Schlußbetrachtung**

Ziel dieser Ausarbeitung ist es nicht, ein fertig entwickeltes Wellenausbreitungsmodell bereitzustellen und ein Patentrezept für modernes Planen zu entwickeln. Es besteht völlige Klarheit darüber, daß es sich bei der Kalkulation der Feldstärke um ein sehr einfaches Verfahren handelt und daß in vielen Fällen systembedingte Mängel bezüglich der Genauigkeit auftreten. Das bisherige Konzept kann daher nur als eine Vorstufe angesehen werden. Eine Verfeinerung des Modells ist auf jeden Fall anzustreben. Der Einfluß der Morphographie auf die Feldstärke sollte berücksichtigt werden. Hierzu ist jedoch als Vorarbeit eine Vielzahl von Messungen notwendig. Für die weitere Entwicklung ist es von Vorteil, wenn die Arbeit von Okumura herangezogen wird [8]. Eine

direkte Nutzung des Wellenausbreitungsmodells von Okumura ist jedoch nicht möglich, da die Morphographie in Japan mit der in der Bundesrepublik nicht so ohne weiteres vergleichbar ist. In diesem Zusammenhang sei auch auf die Arbeiten von R. W. Lorenz beim FTZ hingewiesen [9, 10, 11].

Mit diesem Aufsatz soll anhand eines Beispiels verdeutlicht werden, daß die Nutzung einer Topographischen Datenbank bei der Sendernetzplanung eine außerordentlich große Hilfe ist, da eine relativ exakte Aussage über die Form des Versorgungsgebietes gemacht werden kann, wenn man hierunter die Angabe der Empfangsfeldstärke versteht.

Die Optimierung der kennzeichnenden Merkmale von Sendern ist erst durch die Zuhilfenahme von detaillierter topographischer Information möglich. Über Verfahren zur Optimierung von kennzeichnenden Merkmalen bei Sendern (Strahlungsleistung, Strahlungscharakteristik, Antennenträgerhöhe sowie Standort) soll zu einem späteren Zeitpunkt berichtet werden.

Es ist weiterhin daran gedacht, zur Vervollständigung des Verfahrens neben der Aussage über die Empfangsfeldstärke auch eine Aussage über die Stör-



© Mairs Geographischer Verlag Kurt Mair GmbH & Co, Ostfildern

**Bild 21**  
Einhsehbarkeit beim UKW-Sender Donnersberg



© Mairs Geographischer Verlag Kurt Mair GmbH & Co, Ostfildern

**Bild 22**

**Feldstärkevorhersage im Versorgungsgebiet des UKW-Senders Donnersberg bei einer Empfangsantennenhöhe von 5 m**

Weiß	$E > 54 \text{ dB}$
1. Graustufe	$48 \text{ dB} \leq E < 54 \text{ dB}$
2. Graustufe	$42 \text{ dB} \leq E < 48 \text{ dB}$
Schwarz	$36 \text{ dB} \leq E < 42 \text{ dB}$

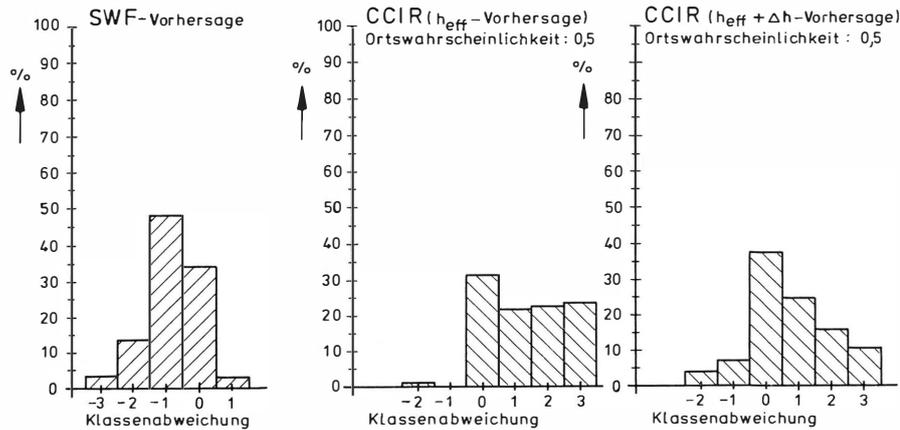


Bild 23

Häufigkeitsverteilung der Korrelation von theoretischen und meßtechnischen Feldstärkewerten

feldstärke von Sendern gleicher oder benachbarter Frequenzlagen zu machen. Mit Hilfe dieser Berechnungen ist es dann möglich, Redundanz im Sendernetz zu erkennen, um diese bei notwendigen Sendernetzmodifikationen auszunutzen.

Die Verfasser dieser Arbeit bedanken sich bei Herrn Dr. Wolfseher (IABG) für die Programmierung des Wellenausbreitungsprogramms, bei den Herren Brunner und Groß für die umfangreichen Messungen sowie bei den Herren Berlinger und Echle für die Programmierarbeit im Rahmen der Meßwertauswertung und der Erstellung der Profildatenbank. Herrn Pogatschnig sei an dieser Stelle für die zeichnerischen Darstellungen gedankt.

SCHRIFTTUM

[1] Goodman, J. W.: Introduction to Fourier Optics. Physical and quantum electronics series. McGraw-Hill, New York.  
[2] Stein, V.: Lösung elektromagnetischer Randwertprobleme bei komplizierten Strukturen — Grundlagen der Integralgleichungsmethode. Deutsche Forschungs- und Versuchsanstalt für Luft- und Raumfahrt, Bonn.  
[3] Stein, V.: Berechnung der elektrodynamischen Eigenschaften komplizierter Strukturen mit Hilfe der Integralgleichungsmethode — Anwendungsbeispiele. Deutsche Forschungs- und Versuchsanstalt für Luft- und Raumfahrt, Bonn.

[4] CCIR: VHF und UHF propagation curves for the frequency range from 30 MHz to 1000 MHz. Rec. 370-3, XIVth Plenary Assembly, Kyoto 1978, Vol. V: Propagation in non-ionized media. Hrsg. v. d. UIT, Genf 1978.  
[5] Schmelting, D.: Das Topographische Datenbank- und Verarbeitungssystem der Deutschen Bundespost (TDMS 1100). Fernmeldetechnisches Zentralamt, Darmstadt.  
[6] BBC: Tropospheric radio-wave propagation over irregular terrain: the computation of field strength for UHF broadcasting. Research Department Rep. No. 43, Nov. 1971.  
[7] Scheuffelen, P.: Mitarbeit am integrierten Bewertungsmodell der IABG für Aufklärungssysteme. Dornier, ZTL, Endbericht 1968.  
[8] Okumura, Y.; Ohmori, E.; Kawano, T.; Fukuda, K.: Field strength and its variability in VHF und UHF land-mobile radio service. Rev. of the Electrical Communication Laboratory 16 (1968), S. 825 bis 873.  
[9] Lorenz, R. W.: Theoretische Verteilungsfunktionen von Mehrwegeschwundprozessoren im beweglichen Funk und die Bestimmung ihrer Parameter aus Messungen. Tech. Ber. 455 TBr 66, Forschungsinstitut der Deutschen Bundespost, Darmstadt 1979.  
[10] Lorenz, R. W.: Theoretical distribution functions of multipath propagation and their parameters for mobile radio communication in quasi-smooth terrain. Forschungsinstitut der Deutschen Bundespost, Darmstadt.  
[11] Lorenz, R. W.: Spatial distribution of electromagnetic field strength for mobile radio. Forschungsinstitut der Deutschen Bundespost, Darmstadt.

# AUTOMATISCHE ÜBERWACHUNG DER TECHNISCHEN QUALITÄT VON FERNSEHSENDERN

VON GÜNTER LÖBER<sup>1</sup>

Manuskript eingegangen am 7. Juli 1982

Sendertechnik

## Zusammenfassung

Es wird über Prüfzeilenmessungen an Fernsehsendern von ARD und DBP berichtet, die mit dem Ziel durchgeführt wurden, für die aus den CCIR-Prüfzeilensignalen gewonnenen Signalparameter zulässige Fehlergrenzen festzulegen und die für Sender charakteristischen Qualitätsparameter zu ermitteln. Aus den Meßergebnissen werden für zwei Toleranzstufen mit der Bedeutung „Nachstellung erforderlich“ und „Nachstellung dringend erforderlich“ die Toleranzgrenzen für die einzelnen Modulationsabschnitte „Leitung“, „Ballempfang“, „Sender“ und „Leitung mit Sender“ tabellarisch angegeben.

Weiterhin wird über eine automatische Prüfzeilensignalüberwachungseinrichtung berichtet, die unter gleichzeitiger Inangriffnahme eines Pflichtenheftes für eine automatische Prüfzeilenüberwachungseinrichtung an zwei ARD-Senderstandorten in Form von Pilotprojekten erprobt wird. Verschiedene Varianten einer automatischen Prüfzeilensignalüberwachung und bisherige Erfahrungen mit dem Pilotprojekt werden aus der Sicht des Senderbetriebes genannt.

## Summary Automatic supervision of the technical quality of television transmitters

The article reports on insertion test-signal measurements on ARD and DBP television transmitters, for the purpose of establishing the tolerable limits for errors of the signal parameters derived from the CCIR insertion-test signals and for determining the quality parameters that are characteristic for transmitters. On the basis of the measurement results, the tolerance limits for the individual programme-signal sectors, "Circuit", "Rebroadcast reception", "Transmitter" and "Circuit with transmitter", are given in tabular form for two tolerance levels corresponding to "adjustment necessary" and "adjustment urgently necessary".

The article goes on to discuss an automatic supervisory installation based on the insertion-test signals which is being tested on two ARD transmitter sites in the form of pilot projects, at the same time initiating the specifications for an automatic insertion test-signal supervisory installation. Mention is made of several variants of automatic insertion test-signal supervisory equipment as well as of the experience gained so far with the pilot project, seen from the transmitter-operation point of view.

## Sommaire Contrôle automatique de la qualité technique des émetteurs de télévision

L'article rend compte de mesures réalisées au moyen de signaux d'essai d'insertion sur des émetteurs de télévision de l'ARD et de la DBP en vue de déterminer les tolérances admissibles à partir des valeurs indiquées par le CCIR pour les signaux de ce genre et de fixer des critères de qualité pour les émetteurs. Des tableaux reprennent les tolérances ainsi obtenues pour les différents éléments de la chaîne de diffusion, à savoir le circuit, le récepteur de réémetteur, l'émetteur et l'émetteur avec circuit. On donne pour chaque caractéristique deux valeurs limites correspondant au cas où l'installation doit être réglée dans des délais normaux ou d'urgence.

L'article se poursuit par l'étude d'une installation de contrôle automatique faisant appel aux signaux d'essai d'insertion, expérimentée actuellement dans deux centres émetteurs de l'ARD sous forme de projet pilote et destinée à la mise au point du cahier des charges d'un système de contrôle automatique au moyen des signaux d'essai d'insertion. On mentionne plusieurs versions possibles de ce dernier et on décrit des résultats obtenus jusqu'à présent dans le cadre du projet pilote, en se plaçant du point de vue de l'exploitation des émetteurs.

## 1. Einleitung

Die vom CCIR international festgelegten Prüfzeilensignale 17, 18, 330 und 331 dienen der Überwachung der technischen Qualität der TV-Wege in den Studiobereichen und der Übertragungstrecken vom Ausgang des sendenden Studios bis zum Fernsehteilnehmer. Um sowohl die Qualität der Gesamtstrecke als auch der einzelnen Abschnitte erfassen zu können, werden Quellenprüfzeilen, die die Überwachung der „Über-alles-Qualität“, und Abschnittsprüfzeilen, die nur die Beurteilung eines bestimmten Übertragungsabschnittes gestatten, verwendet. Anhand der Verformung der Prüfzeilensignale können längs des Übertragungsweges auftretende Fehler erkannt werden.

Bereits 1973 wurde eine gemischte Arbeitsgruppe von ARD und DBP beauftragt, Untersuchungen an Fernsehsendern mit dem Ziel durchzuführen, für die aus den Prüfzeilensignalen gewonnenen Signalpara-

meter zulässige Fehlergrenzen festzulegen. Nachdem in mehreren Jahren Betriebserfahrung die vorgeschlagenen Fehlergrenzen getestet wurden, war es nahelegend, die einzelnen Übertragungsabschnitte mittels geeigneter Meßeinrichtungen automatisch auf Einhaltung der zulässigen Fehlergrenzen zu überprüfen und die Überschreitung in Form von Alarmmeldungen an das Betriebspersonal zu signalisieren.

## 2. Bestimmung der für Fernsehsender charakteristischen Prüfzeilensignalparameter und Festlegung von Toleranzgrenzen

Aus den CCIR-Prüfzeilensignalen lassen sich eine Vielzahl die Güte einer Übertragungstrecke bestimmende Signalparameter ableiten. Nicht alle Parameter sind gleichermaßen für die Qualitätsbeurteilung eines Senders wichtig. Von besonderer Bedeutung für eine automatische Erfassung sind jene Parameter, die kritische Indikatoren in Bezug auf die Bildgüte darstellen und bei Fernsehsendern starken zeitlichen oder arbeitspunktabhängigen Schwankungen unterliegen. Es bestand daher zunächst die Aufgabe, durch

<sup>1</sup> Dipl.-Ing. Günter Löber ist stellvertretender Hauptabteilungsleiter Sendertechnik beim Südwestfunk, Baden-Baden.

möglichst viele Messungen an Sendern unterschiedlichen Fabrikats, aus der Vielzahl der Qualitätsparameter die für Fernsehsender charakteristischen Prüfzeilensignalparameter zu ermitteln und die Schwerpunkte für eine automatische Qualitätsüberwachung zu fixieren. So wurden bereits 1972 an 5 Grundnetzsendern des Südwestfunks jeweils über einen Monat 15 Qualitätsparameter klassifiziert und die tägliche und monatliche Statistik der Meßwerte in Form einer Häufigkeitsverteilung auf einem Fernschreiber ausgedruckt. Über die Ergebnisse dieser Meßaktion (im Mittel wurden je Parameter und je Sender 15 000 Messungen durchgeführt) wurde in [1] berichtet.

Anhand der Meßergebnisse wurden 1973 von der ARD/DBP-Arbeitsgruppe „Betriebstoleranzen, Prüfzeilen- und Datenzeilentechnik“ bereits für einige Prüfzeilensignalparameter Toleranzgrenzen vorgeschlagen. Bei Überschreitung dieser Toleranzen sollte eine Nachstellung der Arbeitspunkte des Senders mit dem Ziel der Neuerreichung der Pflichtenheftwerte vorgenommen werden.

Zur Beurteilung des Langzeitdriftverhaltens der einzelnen Qualitätsparameter an einem Fernsehsender ist eine Beobachtungszeit von einem Monat nicht ausreichend. Daher wurde 1975 über einen Zeitraum von 4 Monaten am Fernsehsender Hornisgrinde, bereits damals ein Sender der neuen Generation, das Langzeitdriftverhalten der einzelnen Parameter beobachtet und ausgewertet. Während dieser Zeit wurden keine Neueinstellungen der Arbeitspunkte des Senders vorgenommen. Das Ergebnis dieser Auswertung zeigte, daß die vorgeschlagenen Toleranzen auch unter Berücksichtigung des Langzeitdriftverhaltens nicht zu eng bemessen waren. Lediglich die Toleranzgrenze für den 2T-K-Faktor von  $\pm 3\%$  wurde geringfügig überschritten.

Der technische und technologische Fortschritt sowohl bei den Sendern als auch bei den Meß- und Betriebsüberwachungsgeräten führte, insbesondere im Hinblick auf eine anzustrebende automatisierte Betriebsüberwachung der Fernsehsender und Modulationszubringer, zu einer Neuerfassung des Verhaltens der Prüfzeilensignalparameter in den Sendernetzen von DBP und ARD. Während die früheren Prüfzeilenmeßaktionen ausschließlich mit Eigenbaumeßgeräten durchgeführt werden mußten, standen nunmehr industriell gefertigte Prüfzeilenanalysatoren mit hoher Genauigkeit zur Verfügung. So wurde z. B. vom Fernmeldetechnischen Zentralamt 1977 eine Erhebung des Übertragungszustandes mittels Prüfzeilenmeßmethode an 85 der 180 Fernsehsender der DBP vorgenommen.

Weiterhin wurden im Rahmen von 3 Pilotprojekten an 21 Standorten 42 Fernsehsender des 2. und 3. Fernsehprogramms mit einem Prüfzeilenmeßautomaten gemessen und die Ergebnisse mittels Rechnerprogramm automatisch ausgewertet. Letztere Messungen am Sender wurden unter Zugrundelegung eines Synchronmeßdemodulators durchgeführt. Auch die Ergebnisse der DBP haben gezeigt, daß bei Fernsehsendern von den gemessenen Parametern im wesentlichen nur die Parameter

- Laufzeit
- Farbträgeramplitude

- Differentielle Verstärkung
- 2T-Amplitude
- Fahnenverzerrung
- Dachschräge

als kritische Indikatoren für die Qualität in Frage kommen und für eine automatische Überwachung daher von besonderem Interesse sind. Zusätzlich sind die RF-Pegelwerte „Restträger“ und „Schwarzwert“ von Bedeutung, weil diese Pegelwerte die Gesamtqualität des Fernsehempfangs beeinflussen. Mit Ausnahme des Parameters „Dachschräge“ ergab sich eine Übereinstimmung mit den aufgrund früherer Messungen erhaltenen Ergebnissen. Es konnte nicht ausgeschlossen werden, daß das beobachtete kritische Verhalten des Parameters „Dachschräge“ bei der FTZ-Erhebung durch den damals noch hohen Anteil an älteren Meßdemodulatoren bedingt war.

Aufgrund der bisherigen Erkenntnisse und mit Rücksicht auf die speziellen Belange des Senderbetriebes wurde eine Einteilung der Toleranzen für Prüfzeilensignalparameter in zwei Toleranzstufen mit der Bedeutung

„Nachstellung erforderlich“ (Überschreitung einer „Inneren Toleranzgrenze“)

und

„Nachstellung dringend erforderlich“ (Überschreitung einer „Äußeren Toleranzgrenze“)

vorgenommen.

Die innere Toleranzstufe wurde so gewählt, daß für die Senderneueinstellung, die in vielen Fällen eine Anfahrt zum unbemannten Senderstandort bedingt, ein personeller Dispositionsspielraum vorhanden ist. Die Überschreitung der äußeren Toleranzstufe wurde gleichbedeutend mit einer Bildqualitätsbeeinträchtigung beim Teilnehmer gewählt.

Zur Erhärtung der Toleranzgrenzen für die charakteristischen Qualitätsparameter am Sender wurden in Zusammenarbeit mit dem IRT bei den Rundfunkanstalten BR, SWF, HR, WDR und NDR an den Sendern Wendelstein, Hornisgrinde, Meißner, Münster und Dannenberg im Jahre 1979 jeweils über zwei Monate Messungen mit einer automatischen Prüfzeilenmeßeinrichtung durchgeführt. Insbesondere wurde auf die Erfassung der Langzeitstabilität der Sender Wert gelegt. Aus diesem Grund wurden am Sendereingang Prüfzeilensignale neu eingespeist. Im Interesse großer Genauigkeit wurde bei den Messungen ein Synchronmeßdemodulator benutzt. Zur Ermittlung der Qualität der Übertragungsabschnitte „Leitung und Sender“ wurden über mehrere Tage die Prüfzeilensignale in den Zeilen 18 und 331 am Übergabepunkt zur Sendermodulationsleitung eingespeist und am Senderausgang registriert. Zur Erfassung der „Über-alles-Qualität“ vom Ausgang des sendenden Studios bis zum Senderausgang wurde über einen kurzen Zeitraum die Messung der durchlaufenden Prüfzeilensignale in den Zeilen 17 und 330 vorgenommen. Eine ausführliche Darstellung der hierfür verwendeten automatischen Prüfzeilenauswerteeinrichtung und der erzielten Ergebnisse ist in [2] und [12] enthalten.

Sowohl aus den Meßergebnissen der 3 DBP-Pilotprojekte als auch aus den Prüfzeilenauswertungen

an den ARD-Sendern wurden Prognosen für die inneren und äußeren Toleranzen der Qualitätsparameter derart getroffen, daß aus Mittelwert und Standardabweichung über alle Sender innere Toleranzgrenzen und unter Berücksichtigung der zweifachen Standardabweichung äußere Toleranzgrenzen ermittelt wurden; d. h. etwa 68 % aller Meßwerte für einen Parameter werden innerhalb des inneren und rund 5 % aller Meßwerte außerhalb des äußeren Toleranzfeldes erwartet.

Aus der Sicht des Senderbetriebes sind die Toleranzgrenzen für den Sender und für die Modulationszubringer (TV-Leitung oder Ballempfang) von primärer Bedeutung. Für den Teilnehmer ist jedoch nur die „Über-alles-Bildqualität“ von Interesse. Die Toleranzgrenzen für Qualitätsparameter sind demzufolge für die einzelnen Übertragungsabschnitte auch so festzulegen, daß dem Teilnehmer am Ende der Übertragungskette – unter Berücksichtigung der üblichen Anzahl von Übertragungsabschnitten – eine ausreichende Bildqualität garantiert wird. Die Bewertung der Bildqualität durch den Teilnehmer kann naturgemäß nur subjektiv sein; es sind aber Verfahren bekannt, die eine qualitative meßtechnische Erfassung der Bildqualität aus einer Menge verschiedenartiger stehender Fernsehbilder und aus der Menge der hierzu befragten Teilnehmer nach statistischen Methoden ermöglichen [3, 4]. Anzahl und Art der Qualitätsparameter müssen so gewählt werden, daß möglichst alle Störeinflüsse auf den Teilnehmer berücksichtigt werden. Für einzelne Qualitätsparameter der Prüfzeilensignale liegen Ergebnisse bezüglich des subjektiven Störeindrucks beim Teilnehmer vor [5, 6, 7]. Wie die Erfahrung gezeigt hat, stimmen die aus den Prüfzeilensignalen abgeleiteten Qualitätsparameter bei gewissen nichtlinearen Verzerrungen mit der Teilnehmerwahrnehmung nicht überein; z. B. werden 50 % statische Nichtlinearität und 50 % differentielle Verstärkung vom Teilnehmer subjektiv als gute Qualität empfunden, wenn beim Luminanz- und beim Chrominanzsignal die Kompression bei Schwarz oder bei Weiß gleichsinnig wirkt; sie werden jedoch als sehr schlechte Qualität empfunden, wenn die Kompression der Luminanz bei Schwarz und die der Chrominanz bei Weiß liegt.

Bei der Fixierung der in **Tabelle 1** enthaltenen Toleranzvorschläge für die verschiedenen Modulationsabschnitte durch die Arbeitsgruppe wurden sowohl die Ergebnisse der oben erwähnten DBP- und der ARD-Messungen als auch Unterlagen über Prüfzeilenauswertungen bei den Rundfunkanstalten BBC [8], IBA [9] und ORF [10] und subjektive Bildqualitätsbeurteilungen durch den Teilnehmer berücksichtigt. Es wurde davon ausgegangen, daß dem Teilnehmer am Ende des aus Muttersender und bis zu zwei Umsetzern bestehenden Übertragungsabschnittes seitens der Rundfunkanstalt eine Mindestbildqualität „mäßig“ ( $Q = 3$ ) zugesichert wird. Dies führt unter der Annahme geometrischer Fehleraddition dazu, daß für den Ausgang des Muttersenders als äußere Toleranz die Qualität „gut“ ( $Q = 4$ ) als Mindestforderung festgelegt wurde. Mit dem Qualitätsstandard der heute bestehenden Sendernetze ist die Einhaltung dieser Forderung auch wirtschaftlich vertretbar.

Die Toleranzwerte für die innere Toleranz wurden so gewählt, daß unter Berücksichtigung normalen Driftverhaltens der heutigen Sender die Überschreitungshäufigkeit dieser Toleranzschwelle nicht so groß ist, daß dadurch eine wesentliche Belastung des Bedien- und Wartungspersonals eintritt.

Bei den Bildqualitätsbeurteilungen wurde die 5stufige Qualitätsskala zugrunde gelegt.

Die in **Tabelle 1** enthaltenen Toleranzangaben setzen eine ausreichende Hysterese und Integrationszeit bei der Meßwerterfassung voraus, damit einzelne kurzzeitige „Ausreißer“ bei der Messung nicht zu einer Toleranzüberschreitungsmeldung führen.

Andere Rundfunkanstalten mit Kettenschaltung mehrerer Sender, z. B. BBC, haben in Abhängigkeit von der jeweiligen Länge der Übertragungskette für die innere Toleranz des Senders unterschiedliche Grenzwerte vorgesehen. Die Arbeitsgruppe hat hierauf bewußt verzichtet, weil in der Bundesrepublik im allgemeinen nur bis zu zwei Umsetzer oder ausnahmsweise ein Tochtersender in Kette geschaltet sind und über Ballempfang versorgt werden. Die in **Tabelle 1** unter der Rubrik „Ballempfang“ angegebenen Grenzwerte für die innere und äußere Toleranz wurden ausgehend von den Grenzwerten für „Leitung mit Sender“ festgelegt.

### 3. Betriebsbezogene Aspekte der automatischen Prüfzeilenüberwachung

Unter Bezug auf die heute üblichen Strukturen der Sendernetze sind zwei funktionell verschiedene automatisierte Prüfzeilenüberwachungskonzepte denkbar:

1. Überwachung eines oder mehrerer Fernsehprogramme am Senderstandort und Ausgabe der Ergebnisse am Standort bzw. bei unbemannten Senderstandorten Übertragung zu einer bemannten zentralen Überwachungsstation,
2. Überwachung mehrerer Standorte von einer zentral gelegenen Überwachungsstelle durch Rückball, wobei die Ergebnisse der Prüfzeilenüberwachung für die einzelnen Standorte zeitmultiplex gewonnen werden.

Während die erstgenannte Möglichkeit universell angewendet werden kann, ist eine Prüfzeilenüberwachung über Rückball, topographisch bedingt, nur in speziellen Fällen einsetzbar. Außerdem müssen für letztere Methode gewisse Einschränkungen hinsichtlich der Genauigkeit der erzielten Ergebnisse in Kauf genommen werden. Im Hinblick auf eine eventuelle Prüfzeilenüberwachung von Umsetzern ist unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten derzeit allerdings nur eine Überwachung per Rückball von einem geeigneten Referenzort aus denkbar [11].

Unabhängig vom gewählten Überwachungskonzept sind für eine automatische Prüfzeilenüberwachung am Sender prinzipiell zwei Alternativen wählbar:

- Prüfzeilenüberwachung mit Neueinspeisung von Prüfzeilensignalen am Sendereingang und
- Prüfzeilenüberwachung ohne Neueinspeisung von Prüfzeilensignalen am Sendereingang.

Parameter	Einheit	Sender		Leitung mit Sender		Leitung		Ballempfang <sup>⑥</sup>		Auto- matische Über- wachung
		Innere Toleranz	Äußere Toleranz	Innere Toleranz	Äußere Toleranz	Innere Toleranz	Äußere Toleranz	Innere Toleranz	Äußere Toleranz	
RF-Nennleistung	%	<80	<65	<80	<65	-	-	-	-	
Restträger	% BAS $\emptyset$ <sup>①</sup>	9/14	8/16	9/14	8/16	-	-	-	-	X
Synchronimpuls	% BAS $\emptyset$ <sup>①</sup>	24/28	22/30	24/28	22/30	>39/ <21 <sup>⑧</sup>	>45/ <15 <sup>⑧</sup>	>20/ <40 <sup>⑧</sup>	>15/ <45 <sup>⑧</sup>	X
50-Hz- Dachschräge	% <sup>②</sup>									
Weißimpuls- abweichung	% v.700mV	8/-13	13/-18	8/-13	13/-18	±6	±30	10/-15	15/-20	X
W-Impuls- Dachschräge	% <sup>②</sup>	±3	±5	±5	±8	±3	±5	±7	±10	X
W-Impuls- Fahne	% <sup>②</sup>	±3	±5	±5	±8	2/-4	±5	±7	±10	X
2T-Impuls- abweichung	% <sup>②</sup>	±11	±16	±15	±25	±7	±15	±17	±25	X
2T-K-Faktor	%	2	3	2	3			3	5	X
20T-Farbträger- abweichung	% <sup>②</sup>	±15	±25	±15	±25	±14	±25	±20	±30	X
20T-Laufzeit <sup>④</sup>	ns	±100	±150	±150	±200	±50	±75	±150	±200	X
20T-Inter- modulation	% <sup>②</sup>	±15	±25	±15	±25	±5	±10	±15	±25	X
Differentielle Verstärkung <sup>③</sup>	%	±15	±20	±18	±25	±5	±10	±20	±30	X
Differentielle Phase <sup>③</sup>	Grad	±8	±12	±10	±15	±7	±10	±10	±15	X (nur DBP)
Intermodulations- produkte <sup>⑦</sup>	dB <sup>②</sup>					-	-			
Geräusch- abstand <sup>⑤</sup>	dB <sup>②</sup>	56	50	50	40	57	45	44	34	X (nur DBP)
Brummabstand	dB <sup>②</sup>					-	-			
Differenzträger- störabstand	dB									

① BAS $\emptyset$ -Signale auf 1,11 V BAS $\emptyset$  eingestellt

② Bezogen auf Weißimpuls

③ Messung mit 4 Stufen, Leitung mit 5 Stufen

④ Sendermessung mit Tonfalle

⑤ Amplitudendifferenz bei 0,4  $\mu$ s und 1  $\mu$ s nach dem 50%-Wert der Weißimpulsrückflanke

⑥ Effektivwertmessung, Bewertung nach CCIR-Rep. 486-1 (1978)

⑦ Bis 1 MHz, Spitzenspannungsmessung

⑧ Bezogen auf 1 V BAS-Signal = 100 %

⑨ Werte einschließlich Muttersender

**Tabelle 1**

**Toleranzgrenzen für die Überwachung der Prüfzellensignalparameter in den einzelnen Modulationsabschnitten**  
(Die Toleranzwerte für den Sender gelten für Messungen mit einem Synchrondemodulator)

Während die erstgenannte Alternative konsequent davon ausgeht, daß der Sender einen separaten Abschnitt in der gesamten Übertragungskette darstellt und demzufolge durch Abschnittsprüfzeilen, die am Sendereingang in die Zeilen 18, 19 und 331, 332 neu

eingespeist werden, auch separat überwacht wird, ist die letztgenannte Alternative nur dann anwendbar, wenn der Verzerrungsanteil des Modulationszubringers gegenüber dem des Senders ausreichend klein ist. Wird der Sender über eine Leitung moduliert,

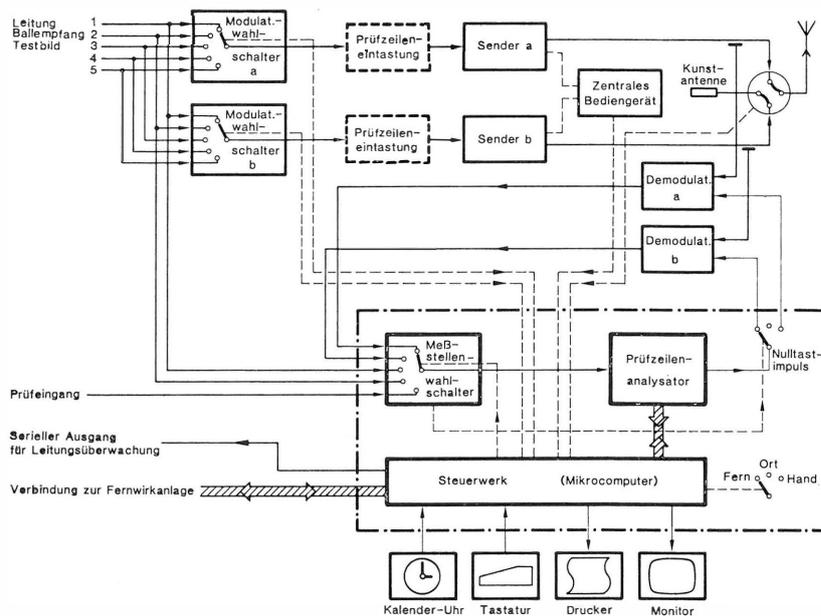


Bild 1

Einrichtung zur automatischen Auswertung von CCIR-Prüfzeilensignalen an einem Fernsehdoppelsender mit passiver Reserve

scheint derzeit aus wirtschaftlichen Gründen der Verzicht auf eine Prüfzeileneineinspeisung am Sendereingang vertretbar. Bei kleinen Fehlern kann für lineare Qualitätsparameter aus dem Vergleich der Meßwerte von Senderausgang und Sendereingang zur Ermittlung des Senderfehlers rein rechnerisch eine Fehlerkorrektur durchgeführt werden [12].

Aus betrieblicher Sicht bietet die Neueinspeisung von Prüfzeilensignalen am Sendereingang neben der eindeutigen Zuordnung der gemessenen Fehler zum Sender oder zur Leitung bzw. zum Ballempfang weitere Vorteile:

- Die Qualität des Senders kann bereits vor Programmbeginn und während der Testbildsendezeiten überwacht werden;
- bessere Beurteilung der Qualität der Umsetzer im laufenden Programm;
- Erleichterung der Umsetzerwartung während der Testbildsendezeit;
- Möglichkeit zur Einspeisung eines speziellen Prüfzeilensignals für die Umsetzermessung in eine freie Zeile.

Bild 1 zeigt schematisch, wie sich eine automatische Prüfzeilensignalauswertung in ein heute übliches Betriebskonzept einer Doppelsenderanlage mit passiver Reserve einfügen läßt, ohne daß bisherige Betriebsgepflogenheiten dadurch nennenswert beeinflußt werden. Die Darstellung gilt gleichermaßen für beide der vorgenannten Alternativen der Prüfzeilenüberwachung. Für den Fall der Neueinspeisung von Prüfzeilensignalen am Sendereingang sind lediglich die gestrichelt dargestellten Blöcke „Prüfzeileneinstastung“, die aus Eintastgerät und Prüfzeilensignalgeneratoren bestehen, zusätzlich vorhanden. In vielen Fällen gehört das Eintastgerät in Kombination mit einer Synchronregenerierung, Weißwertregelung und Weißbegrenzung ohnehin zum Bestand-

teil des Senders und ist somit bereits vorhanden. Auch die Meßdemodulatoren gehören zur Standardausrüstung des Senders und müssen nicht zusätzlich beschafft werden. Die wesentlichen Bestandteile einer automatischen Prüfzeilensignalüberwachung sind daher Prüfzeilenanalysator, Steuerwerk (Mikrocomputer) und Video-Meßstellenwahlschalter. Diese drei Komponenten sind sowohl für bemannte als auch für unbemannte Senderstandorte erforderlich. Bezüglich der Peripherie ist eine flexible Anpassung an die Wünsche des Betriebes möglich; bei unbemannten Senderstandorten dürfte der Anschluß an eine Fernwirkanlage genügen.

Es ist ausreichend, wenn der Ausgang des Betriebssenders und die Modulationszubringer Leitung und Ballempfang automatisch, d. h. zyklisch in bestimmten Zeitabständen überwacht werden.

In bestimmten Sonderfällen ist ein Eingriff in den automatischen Überwachungsablauf (z. B. in Form der Dauermessung einer Meßstelle) wünschenswert. Bei unbemannten Senderstandorten kann auch fallweise die Überwachung des Reservesenders von Interesse sein. Auch eine Messung der „Über-alles-Qualität“ durch Umschalten der Meßapparatur auf die durchlaufenden Quellenprüfzeilen ist als Eingriff in den automatischen Überwachungszyklus denkbar. Die Vorgabe von Toleranzgrenzen für Alarmmeldungen ist hierfür wenig sinnvoll, weil abhängig von der jeweils gebenden Anstalt zwischen Programmquelle und Senderausgang zwei (eigenes Studio sendet), drei (bei internationalen Sendungen) oder vier (fremdes Studio sendet) Leitungsabschnitte liegen können. Daraus folgt, daß die durchlaufenden Quellenprüfzeilensignale für eine automatische Überwachung von Anlagen ungeeignet sind.

Aus Sicht des Betriebes wäre weiterhin wünschenswert, wenn im direkten Vergleich der Werte des Synchronimpulses zwischen Senderausgang und

Sendereingang bei einer Störung im Modulationszweig ein Ablösekriterium für die Umschaltung auf den Reservesender abgeleitet werden könnte. Da eine derartige Ablösung möglichst schnell veranlaßt werden sollte, ergibt sich hier ein Widerspruch zu der Forderung, daß Alarmmeldungen aufgrund von Toleranzüberschreitungen erst nach entsprechender zeitlicher Bewertung abgegeben werden sollen. Außerdem muß durch das Multiplexen mehrerer Meßstellen dem Prüfzeilenanalysator eine gewisse Einschwingzeit bis zur Durchführung der Messung zugestanden werden.

Insgesamt gesehen soll durch die automatische Prüfzeilenüberwachung, außer der Sicherung einer Mindestbildgüte für den Teilnehmer, langfristig betrachtet auch eine Verbesserung der Gesamtqualität einer Übertragungskette – verbunden mit einer Entlastung des Senderbetriebes – erreicht werden.

#### 4. Erarbeitung eines Pflichtenheftes und Realisierung von Pilotprojekten

Da nunmehr für die einzelnen Übertragungsabschnitte „Leitung“, „Ballempfang“ und „Sender“ durch Betriebserfahrung gesicherte Toleranzwerte vorliegen, die sowohl den Forderungen des Teilnehmers Rechnung tragen als auch, bezogen auf den gegenwärtigen Stand der Sendertechnik, ökonomisch gesehen vertretbar sind, wurde als logische Folgerung die Realisierung automatischer Prüfzeilenüberwachungseinrichtungen an den Sendern in Angriff genommen. Die Arbeitsgruppe wurde beauftragt, hierfür ein Pflichtenheft zu erstellen, das den zum Teil unterschiedlichen betrieblichen Forderungen in den einzelnen Anstalten Rechnung trägt. Eine Lösung dieser Aufgabe war nur durch modularen Aufbau in der Gestaltung von Hard- und Software denkbar. Damit die Erstellung des Pflichtenheftes nicht losgelöst von der Betriebspraxis im „leeren Raum“ erfolgte, wurde das Pflichtenheft parallel hierzu an zwei Pilotprojekten bei den Sendern Meißner des HR und Hornisgrinde des SWF „erprobt“.

Im Oktober 1981 wurde dann seitens der ARD-Arbeitsgruppe ein verabschiedungsreifer Pflichtenheftsentwurf vorgelegt, der die in den einzelnen Rundfunkanstalten bestehenden Betriebsphilosophien weitestgehend berücksichtigt.

Als Ausgangsbasis für das Pflichtenheft diente die in **Bild 1** enthaltene Darstellung der automatischen Prüfzeilensignalauswertung mit den Grundkomponenten Prüfzeilenanalysator, Steuerwerk und Meßstellenwahlschalter. Über das Steuerwerk wird die Signalqualität der Meßstellen „Leitung“, „Ballempfang“ und „Betriebssenderausgang“ in den Abschnittszeilen 18/331 zyklisch überwacht und die Ergebnisse der Überwachung werden über entsprechende Schnittstellen an Videomonitor, Drucker und Fernwirkanlage abgegeben. Die Meßwerte der Meßstelle „Leitung“ werden zusätzlich über eine V.24-Schnittstelle an ein Modem für die Fernübertragung zur DBP abgegeben. Werden bei der Messung der einzelnen Meßstellen Toleranzüberschreitungen festgestellt, so erfolgt nach entsprechender Hysterese- und Zeitbewertung der Toleranzüberschreitung die Abgabe einer Alarmmeldung an die Peripherie.

Eingriffe in den automatischen Ablauf, z. B. durch gezielte Anwahl der Meßstelle „Reservesender“ oder durch Dauermessung einzelner Meßstellen, sind jederzeit möglich. Diese Eingriffe können entweder vor Ort oder über eine Fernwirkanlage vorgenommen werden.

Im Pflichtenheft und bei den realisierten Pilotprojekten werden die beiden Alternativen, Neueinspeisung von Prüfzeilensignalen oder Durchlaufen der Abschnittsprüfzeilen am Sendereingang, völlig gleichrangig behandelt. Erfolgt keine Neueintastung am Sendereingang, werden zur Ermittlung der Qualitätswerte für den Betriebssender bei den linearen Parametern die Fehler durch Rückrechnung ermittelt.

Die Software für die beiden vorgenannten Pilotprojekte wurde von Mitarbeitern des IRT als modular aufgebautes BASIC-Programm erstellt. Ebenfalls wurde die Hardware für den Mikrocomputer vom IRT in zwei Varianten (als Eigenbau und durch Kauf industriell gefertigter Baugruppen) realisiert. Beide Varianten wurden im Betrieb erprobt und haben bisher ihre Zuverlässigkeit bewiesen. In [12] erfolgt eine ausführliche Darstellung der beiden Pilotprojekte.

Bisherige Betriebserfahrungen mit den Pilotprojekten haben gezeigt, daß die von der Arbeitsgruppe vorgeschlagenen Toleranzgrenzen, Hysterese- und Zeitbewertungen für die einzelnen Qualitätsparameter durchaus brauchbar sind und zu keiner Verunsicherung des Betriebspersonals durch unbegründete oder zu häufige Alarmmeldungen führen. Beim Pilotprojekt Hornisgrinde wurde die Hysteresebewertung für Toleranzüberschreitungen zu  $\pm 5\%$  aus der Differenz zwischen Sollmeßwert und Toleranzgrenze gewählt. Die Zeitbewertung für Alarmmeldungen wurde in den Fällen „Kein Synchronsignal“ und „Kein Prüfzeilensignal“ zu 1 min, „Unvollständiges Prüfzeilensignal“ und „Übermodulation“ (Restträger  $< 0$ ) zu 2 min, „Äußere Toleranz überschritten“ zu 4 min und „Innere Toleranz überschritten“ zu 8 min gewählt, wobei die Gesamtzykluszeit etwa 45 s beträgt. Als Prognose ist aus heutiger Sicht eine Verkürzung der Bewertungszeit wahrscheinlich.

Während der Betriebserprobung sind verschiedentlich durch Fehlinterpretation des Prüfzeilenanalysators Alarmmeldungen bei unvollständigen bzw. nicht normgerechten Prüfzeilensignalen (z. B. Zeitversatz der geträgerten Treppe im Signal 330) aufgetreten. Zur Vermeidung derartiger Fehlinterpretationen sind seitens der Hard- und/oder Software weitere Plausibilitätsprüfungen auf richtige Prüfzeilensignale erforderlich.

#### 5. Ausblick

Die aus der Prüfzeilentechnik in den Übertragungs-, Sender- und Studiobereichen gewonnenen Erkenntnisse haben in der Vergangenheit bereits zu einer deutlichen Verbesserung der technischen Qualität (insbesondere bei den neueren Anlagengenerationen) geführt. Diese Tatsache sollte nicht zu dem vorschnellen Schluß führen, daß sich eine Überwachung der Prüfzeilensignalparameter bei noch weiterer Verbesserung auf der Anlagenseite zukünftig erübrigt. Wie

die Vergangenheit gezeigt hat, sind z. B. durch fehlerhafte Justierungen an MAZ-Maschinen oder durch sprunghafte Veränderungen am Sender dem Teilnehmer bis zur Feststellung des Fehlers über längere Zeit Programme in nicht mehr zumutbarer technischer Qualität angeboten worden. Eine gravierende Qualitätsverschlechterung durch Anlagenfehler kann auch zukünftig nicht ausgeschlossen werden. Für deren schnelle Erkennung hat sich die Prüfzeilentechnik bestens bewährt. Wenn diese Technik die an sie gestellten Forderungen erfüllen soll, müssen die hierfür verwendeten Einrichtungen von weit höherer Zuverlässigkeit als die der zu überwachenden Anlagen sein. Ein in der Überwachungseinrichtung dennoch auftretender Fehler darf auf keinen Fall zu einer Störung des Programmbetriebes führen. Letztere Forderung ist auch ein Grund dafür, daß keine automatische Ablösung auf den Reservesender bei Überschreitung der Toleranzgrenze für einen Qualitätsparameter vorgenommen werden sollte.

Bei der Konzeption automatischer Prüfzeilenüberwachungseinrichtungen sollten zukünftige Erfordernisse, z. B. bezüglich Umsetzerwartung und -überwachung und Einführung der Mehrkanalontechnik, berücksichtigt werden. Bisher hat die im Vergleich zum Bildsender höhere Zuverlässigkeit der Tonsender eine separate Überwachung der Qualität des Tonsenders erübrigt. Die Beantwortung der Frage Neueinspeisung von Prüfzeilensignalen oder Durchlaufen der Abschnittsprüfzeilen am Sendereingang ist abhängig von der zukünftigen technischen und ökonomischen Entwicklung bei den Prüfzeilensignalgeneratoren. Der Trend geht mit Sicherheit zur Neueinspeisung von Prüfzeilensignalen am Sendereingang. In den meisten Rundfunkanstalten werden aus wirtschaftlichen Gründen wohl beide Alternativen eine gewisse Zeit gleichrangig nebeneinander bestehen;

eine sukzessive Nachrüstung einzelner Standorte mit Prüfzeilengeneratoren ist lediglich durch Austausch von EPROMs ohne nennenswerte Kosten auf Seiten der Prüfzeilenüberwachungseinrichtung möglich.

#### SCHRIFTTUM

- [1] L ö b e r , G.; V o i g t , K. C.: Erfahrungen mit der Prüfzeilenmeßautomatik im Sendebereich des Südwestfunks. Rundfunktech. Mitt. 17 (1973), S. 105 bis 112.
- [2] K i e f e r , D.: Qualitätsüberwachung von Fernsehsendern mit einem Microcomputer-gesteuerten Prüfzeilenmeßautomaten. Tech. Ber. Nr. 17 des IRT, München, August 1979.
- [3] C C I R : Method for the subjective assessment of the quality of television pictures. Rec. 500-1, XIVth Plenary Assembly, Kyoto 1978, Vol. XI: Broadcasting Service (Television), S. 57 bis 59. Hrsg. v. d. UIT, Genf 1978.
- [4] P r o s s e r , R. D.; A l l n a t t , J. W.; L e w i s , N. W.: Quality grading of impaired television pictures. Proc. of the IEE 111 (1964), S. 491 bis 502.
- [5] C o r b e t t , J. M.; A l l n a t t , J. W.: Subjective quality of television pictures impaired by short-delay echo. Proc. of the IEE 121 (1974), S. 583 bis 593.
- [6] M e d i a r m i d , I. F.; A l l n a t t , J. W.: Performance requirements for the transmission of the PAL coded signal. Proc. of the IEE 125 (1978), S. 571 bis 580.
- [7] F l o r , W.: Beurteilung intermodulationsgestörter Fernsehbilder. Rundfunktech. Mitt. 21 (1977), S. 62 bis 67.
- [8] C o o k , T. M.; S a v a g e , D. C.: Operating limits for the BBC television distribution and transmitter network (July 1978). BBC Designs Department Tech. Mem. No. 6.150(78).
- [9] C r o z i e r - C o l e , P. A.: Regional operations centres of the IBA transmitter network. Vortrag, gehalten auf der IBC, London 1976.
- [10] F l o r , W.: Statistisches Qualitätsverhalten von FS-Senderketten.  
Teil 1: Großsendeanlagen. Fachtech. Ausarbeitung der T 4. ORF, Wien, Nr. 25, Januar 1978.  
Teil 2: BE-Verbindungen, Umsetzgeräte und Senderketten. Fachtech. Ausarbeitung der T 4, ORF, Wien, Nr. 26, Februar 1978.
- [11] F l o r , W.: Fernsehqualitätskontrolle durch Referenzortmessungen. Rundfunktech. Mitt. 22 (1978), S. 128 bis 130.
- [12] P f a f f i n g e r , C. P.; S c h n e e b e r g e r , G.: Zur Gestaltung einer automatischen Qualitätsüberwachung der ARD-Fernsehsender, Rundfunktech. Mitt. 26 (1982), S. 149 bis 161.

## SENDERTECHNIK-KURSE FÜR ENTWICKLUNGSLÄNDER BEI DER DEUTSCHEN WELLE

Im Ausbildungszentrum der Deutschen Welle werden Aus- und Fortbildungsmaßnahmen für Rundfunkfachkräfte aus Ländern der Dritten Welt durchgeführt. Neu im angebotenen Programm ist der Kurs Sendertechnik, der erstmalig im Zeitraum 1981/82 durchgeführt wurde.

### 1. Ausbildungsaktivität der Deutschen Welle

Die Deutsche Welle führt seit 1964 Aus- und Fortbildungsmaßnahmen für Hörfunkfachkräfte aus Entwicklungsländern durch. Die anfänglich auf den Einzelbedarf abgestimmten Maßnahmen wurden ab 1967 durch regelmäßige Kurse mit festem Programm abgelöst. Seit 1976 erfolgt die Finanzierung des „Deutsche-Welle-Ausbildungszentrums“ durch das Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit.

Bis 1981 lag das Schwergewicht der Aus- und Fortbildung auf den Bereichen Studio- und Meßtechnik. Einerseits entsprach dies dem vordringlichen Bedarf der Entwicklungsländer, andererseits konnte durch Nutzung der bei der Deutschen Welle auf eben diesen Fachgebieten vorhandenen Einrichtungen und Ausrüstungen sowie durch den Zugriff auf geeignetes Lehrpersonal ein Optimum im Verhältnis Leistung zu Aufwand bei der Durchführung der Kurse erzielt werden.

Ab Ende der sechziger Jahre wurde dann ein kontinuierlich steigender Ausbildungsbedarf auch für Sendertechniker erkennbar. Diese Entwicklung ist wohl durch den schrittweisen Ausbau der Senderkapazität und die Errichtung von Regionalstationen in den Entwicklungsländern zu erklären, verbunden mit der beginnenden Rückkehr der bis dahin als Berater tätigen ausländischen Fachleute.

Da die Vermittlung von Sendertechnikern in Einzelpraktika zu Sendestellen der ARD und der Bundespost den steigenden Bedarf bald nicht mehr decken konnte, entschloß sich die Deutsche Welle im Jahr 1971 zur Durchführung eines Pilotkurses „Sendertechnik“. Das Konzept sah eine hauptsächlich theoretische Ausbildung im Ausbildungszentrum vor, gefolgt von einem fünfmonatigen Praktikum bei Sendestellen in der Bundesrepublik.

Eine nach Beendigung des Kurses gemeinsam mit den Stipendiaten durchgeführte Auswertung zeigte jedoch ein unbefriedigendes Ergebnis der Gesamtmaßnahme. Die Schwachstellen waren zum einen in der fehlenden Parallelität von Theorie und Praxis zu suchen, zum anderen darin, daß die Mehrzahl der Sendestellen zur Durchführung langfristiger Praktika nicht eingerichtet war.

Diese Erkenntnisse waren die Grundlage für ein modifiziertes Kurskonzept, ausgehend von dem Prinzip einer engen Verzahnung zwischen theoretischer Unterweisung und praktischen Übungen an sendetechnischem Gerät. Da bei diesem Konzept ein laufender Ortswechsel auszuschließen war, ergab sich die Notwendigkeit, das Ausbildungszentrum selbst mit einer für den Ausbildungsbetrieb geeigneten Sendeanlage auszustatten sowie das entsprechende Lehrpersonal bereitzustellen.

Da bei der damaligen Raumsituation der Deutschen Welle – bedingt durch die provisorische Unterbringung der Anstalt in verschiedenen Stadtteilen – kein geeigneter Raum für die Unterbringung einer Sendeanlage gefunden werden konnte, ließ sich das Projekt „Senderausbildung“ zunächst nicht realisieren. Mit der Konkretisierung des Bauvorhabens „Neues Funkhaus“ ergab sich die Möglichkeit, dem Ausbildungszentrum über die ursprünglich vorgesehenen Räumlichkeiten hinaus im Basisgeschoß einen 140 m<sup>2</sup> großen Raum zur Verfügung zu stellen, der zur Aufnahme der vorgesehenen Einrich-

tung nebst Laborarbeitsplätzen gut geeignet war. Aufgrund dieser Sachlage erteilte das Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit (BMZ) der Deutschen Welle den Auftrag zur Erstellung eines detaillierten Kursplanes und zur Kostenschätzung der zur Kursdurchführung notwendigen Hardware. Beides konnte dank der fachlichen Unterstützung der zuständigen Abteilungen der Deutschen Welle im Januar 1978 vorgelegt werden, woraufhin das BMZ kurzfristig den Auftrag zur Durchführung dieses Kurstyps erteilte. Außer der Bereitstellung der Mittel für die zu beschaffenden technischen Einrichtungen wurden dem Ausbildungszentrum Planstellen für zwei zusätzliche HF-Dozenten genehmigt, um die Sendertechnik-Ausbildung parallel zu den übrigen Kursmaßnahmen durchzuführen.

Durch zügige Beschaffung der Ausrüstungen konnte sichergestellt werden, daß die Installation noch in der Endphase des Funkhausneubaus rechtzeitig vor dem allgemeinen Umzug erfolgte.

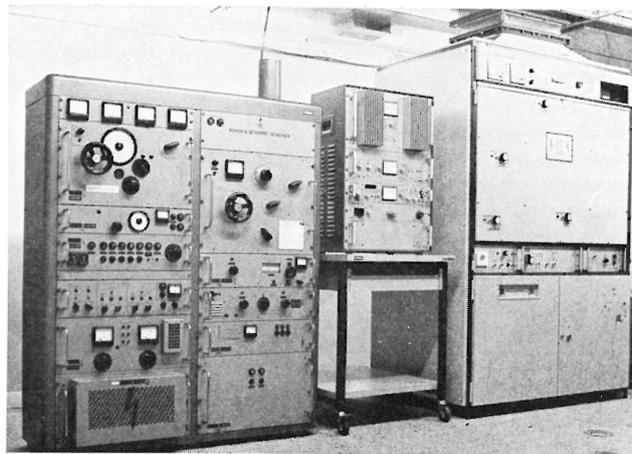
Am 5. Januar 1981 konnte dann mit zehn Sendertechnikern aus Asien und Afrika der Kurs LT/HF 1 begonnen werden, der nach erfolgreichem Verlauf mit der Verabschiedung in der Technischen Direktion am 29. März 1982 endete.

### 2. Die Ausrüstung

Ausgehend von dem erkennbaren Ausbildungsbedarf und unter Berücksichtigung der bauseitigen, energietechnischen und klimatechnischen Vorgaben wurde für die Sendertechnik folgende Ausrüstung installiert (siehe **Bild 1**):

- 1 PDM-Mittelwellensender WR Send 5M-03 der Firma Siemens mit umschaltbarer Trägerleistung 2,5 kW / 5 kW, Sendart A3;
- 1 Kurzwellensender SKO 80/462.16 der Firma Rohde & Schwarz mit einer maximalen Trägerleistung von 800 W, für die Sendarten A1, A2, A3;
- 1 VHF/FM-Sender S 3149/912 der Firma AEG-Telefunken mit einer Leistung von 300 W, Sendart F3.

Unter Berücksichtigung der postalischen Bestimmungen kam nur Betrieb auf eine Kunstantenne in Frage. Dafür wurde wegen der Einbeziehbarkeit in eine vorge-



**Bild 1**

**Die Versuchssendeanlage der Deutschen Welle**  
Links: 800-W-Kurzwellensender  
Mitte: 300-W-VHF/FM-Sender mit Ballempfänger  
Rechts: 2,5/5-kW-PDM-Mittelwellensender

sehene Niederdruck-Kühlanlage ein luftgekühltes Leistungsdämpfungsglied RU/2/50 der Firma Rohde & Schwarz ausgewählt.

Um die einschlägigen Auflagen hinsichtlich minimaler Störstrahlung zu gewährleisten, wurden Sender und Kunstantenne in einer Schirmkabine mit einer herstellerseitig garantierten Schirmdämpfung von 100 dB im überstrichenen Frequenzbereich untergebracht. Eine Schirmung des gesamten Raumes schied aus Kostengründen und wegen möglicher Einwirkungen der Sender auf die im gleichen Raum befindlichen Laborarbeitsplätze aus.

Ergänzt wurde die Ausrüstung durch eine Grundausstattung an Meßgeräten für die Sender- und Empfängermeßtechnik nach üblichem Standard. Hinzu kam die Ausrüstung von zehn Arbeitsplätzen für experimentelle Laborarbeit auf dem NF- und HF-Gebiet.

### 3. Das Kurskonzept

Bei der Ausarbeitung der Grobziele stellte sich heraus, daß wegen der nach Art und Umfang unterschiedlichen Aufgabenstellung Berufsbilder aus der Sendertechnik in Deutschland nicht ohne weiteres zu übertragen waren. Wegen der vorherrschenden Knappheit an qualifiziertem Personal werden in den Ländern der Dritten Welt von einem Sendertechniker alle die Kenntnisse und Fähigkeiten erwartet, die zum Betrieb und zur Wartung einer Sendestation erforderlich sind. Dazu gehören z. B. auch die Bereiche Antennen, Energieversorgung sowie Verwaltungsaufgaben.

An dieser Aufgabenstellung orientiert sich der Stoffplan des Kurses, der von den Teilnehmern wegen des umfangreichen Themenrahmens eine mindestens zweijährige einschlägige Berufserfahrung erwartet.

#### a) Theorie

- Grundlagen der Elektronik,
- Grundlagen der Funktechnik und der Funkdienste,
- Sendertechnik (AM, FM, PDM),
- Antennentechnik,
- Digitaltechnik,
- Meßtechnik,
- Fachvorträge zu Themen wie Versorgungsplanung, Modulationsaufbereitung zur Empfangsverbesserung, internationale Organisation des Rundfunks.

#### b) Praxis

- Experimentelle Laborarbeit,
- Meßtechnik (allgemein und HF),
- Arbeiten an den Sendern.

Ergänzt wurde dieses Programm durch Fachexkursionen zu Firmen und Sendeanstalten und, je nach Bedarf und Vermittlungsmöglichkeiten, durch Kurzpraktika bei Industrie, Anstalten und Sendestellen.

Die Erfahrungen mit dem ersten Kurs dieser Art haben gezeigt, daß das vom Ausbildungszentrum entwickelte Konzept weitestgehend den Erwartungen der Teilnehmer entsprochen hat. Modifikationen scheinen in erster Linie hinsichtlich einer Ausweitung der praktischen Arbeit notwendig. Mit dem in der Ausbildungstätigkeit der Deutschen Welle immer schon angewandten Prinzip eines flexiblen und damit dem Bedarf der jeweiligen Teilnehmer angepaßten Kursprogramms werden wir uns auch mit dieser Kursmaßnahme bemühen, die Entwicklung der Massenmedien in Ländern der Dritten Welt nach besten Kräften zu unterstützen.

Horst Biehl  
Deutsche Welle, Köln

## DIE 7. TAGUNG DER UER-UNTERARBEITSGRUPPE R1 (TERRESTRISCHER HÖRRUNDFUNK)

HELSINKI, 26. BIS 28. MAI 1982

Auf Einladung der finnischen Rundfunkorganisation Yleisradio traf sich die Unterarbeitsgruppe (UAG) R1 in der Zeit vom 26. bis 28. Mai in Helsinki. An dieser Tagung nahmen 31 Fachleute aus 14 Ländern teil. Den Vorsitz führte E. Schwarz von der Schweizerischen PTT.

Zu den wichtigsten Themen, die während der Tagung behandelt wurden, gehörten:

- Übertragung von Zusatzinformationen im UKW-Hörrundfunk
- Vorbereitung der UKW-Planungskonferenz
- Vorbereitung der Kurzwellenkonferenz
- Sonstige Aktivitäten.

### Übertragung von Zusatzinformationen im UKW-Hörrundfunk

Um die Einführung eines einheitlichen europäischen Systems zur Übertragung von Zusatzinformationen im UKW-Hörrundfunk zu forcieren, war schon auf der 5. Tagung der UAG R1 die Spezialistengruppe R1/DAT gegründet worden. Seit der letzten Tagung der UAG R1 war diese Gruppe dreimal zusammengelassen, wobei

das letzte Treffen unmittelbar dem der UAG R1 vorausging. Da die Diskussion auf der letzten Tagung der UAG R1 gezeigt hatte, daß eine Einigung auf ein einheitliches Datenformat für die fünf vorgeschlagenen Systeme nicht zu erreichen war, wurde von der Spezialistengruppe R1/DAT ein Referenzvorschlag ausgearbeitet. Die fünf vorgeschlagenen Systeme (BBC, SPI, PI, TDF, YLE) wurden bei der Swedish Telecommunications Administration (STA) umfangreichen Labor- und Feldmessungen unterzogen. Das BBC- und das YLE-System wurden dabei zum Vergleich auch mit dem von der UER vorgeschlagenen Referenzmodell zur Basisbandcodierung untersucht. Da sich das PI- und das BBC-System nur in der Basisbandcodierung unterscheiden, können die Ergebnisse vom BBC-System mit dem UER-Referenzvorschlag auch auf das PI-System übertragen werden. Das holländische SPI-System besitzt jedoch ein gänzlich anderes Datenformat, so daß eine Übernahme des Referenzvorschlags nicht ohne weiteres möglich war. Das TDF-Übertragungsverfahren wurde in die Untersuchungen nicht mit einbezogen, da es in den Feldversuchen völlig versagte. Die TDF-Basisbandcodierung wurde daher mit dem Übertragungsverfahren der BBC getestet.

Die Auswertung aller Laboruntersuchungen ergab deutliche Vorteile für das PI-System, die sicherlich auf die kurze Blocklänge (26 Bit) sowie auf die Art des Fehlerschutzes und der Fehlererkennung zurückzuführen sind. Die Spezialistengruppe R1/DAT empfahl daraufhin, die für den Herbst dieses Jahres in der Schweiz geplanten Feldversuche nur noch mit dem schwedischen PI-System durchzuführen; dieser Empfehlung schloß sich die UAG an. Um das Datenformat auf der Basis des PI-Systems weiter zu optimieren und die Parameter für ein einheitliches europäisches System auszuarbeiten, wurde in der R1/DAT eine Ad-hoc-Gruppe gebildet.

#### Vorbereitung der UKW-Planungskonferenz

In der Zeit vom 23. August bis 17. September 1982 wird in Genf der erste Teil der UKW-Planungskonferenz (RARC<sup>1</sup>) stattfinden. Die Spezialistengruppe R1/FM hatte unter dem Vorsitz von F. Angeli (RAI) als Planungsgrundlage eine Monographie (Doc. Tech. 3236) vorgelegt, die von der UAG nochmals überarbeitet wurde.

Besonders breiten Raum nahm die Diskussion um lokale Sendernetze kleiner Leistung (LPLR<sup>2</sup>) ein. Zu diesem Thema war ein Fragebogen an die Mitglieder der UER verschickt worden, um zu erfassen, inwieweit die einzelnen Organisationen am Aufbau solcher lokalen Sendernetze interessiert sind. Zur Auswertung des Fragebogens sowie zur Ausarbeitung eines Textes für die technische Monographie über die Einplanung von LPLR-Sendern wurde eine Arbeitsgruppe unter dem Vorsitz des Holländers de Zwart gebildet. Die Auswertung ergab zwar, daß die überwiegende Mehrheit die Errichtung von LPLR-Netzen beabsichtigt, doch daß schon bei der Definition von „Sendern niedriger Leistung“ die Meinungen (0,01 bis 10 kW) auseinandergingen.

Auch die Vorstellungen darüber, was planungsgemäß zu verwirklichen sei, erschienen teilweise recht fragwürdig. Die UAG hielt es daher für angebracht, die Tabelle nicht in die Monographie einzuarbeiten, sondern diese nur dem Tagungsbericht anzuhängen. Der für die Monographie verfaßte Text dagegen fand die Zustimmung der gesamten Gruppe.

#### Vorbereitung der Kurzwellenkonferenz

Der Vorsitzende (J. K. Edwards, BBC) der Spezialistengruppe R1/HF, die sich mit der Vorbereitung der Planungsgrundlagen für den ersten Teil der KW-Konferenz (1983) befaßt, gab einen zusammenfassenden Bericht über die Arbeit innerhalb dieser Gruppe.

Die technischen Planungsparameter als Grundlage für die Konferenz sind in Dok. SPB 203 zusammengefaßt. Einige Kapitel dieses Dokumentes wurden in der derzeitigen Fassung von der UAG gebilligt, andere bedürfen

jedoch noch der Überarbeitung bzw. der Ergänzung. Obwohl man sich für den Gleichkanalfall auf einen Schutzabstand von 27 dB (Dauerstörer) geeinigt hat, herrscht noch keine Einigkeit darüber, inwieweit die Schutzabstandskurve der CCIR-Empfehlung 560 auch für den Kurzwellenbereich als repräsentativ angesehen werden kann. Insbesondere würde ein besserer Schutzabstand bei 5 kHz Frequenzabstand eine größere Nutzung überlappender Kanäle (Interleaving) ermöglichen.

Auch für den möglichen Übergang zu einem SSB-System fehlt noch jegliche Angabe von Schutzabständen. Dies gilt sowohl für die Übergangsphase, während der nur eine geringe Trägerreduzierung gewählt werden soll (6 dB), als auch für die Zeit danach, für die eine Reduzierung um 12 dB in Aussicht genommen ist.

#### Sonstige Aktivitäten

Innerhalb der UAG R1 war ein Dokument über wünschenswerte Eigenschaften von AM- und FM-Empfängern ausgearbeitet worden. Ähnlich wie in der Hi-Fi-Norm sind hier Richtwerte für bestimmte Empfängereigenschaften festgelegt worden, deren Erreichen aus der Sicht der UER wünschenswert erscheint. Da es sich bei diesen Werten nicht um Minimalforderungen, sondern um anzustrebende Richtwerte handelt, gehen die Anforderungen teilweise über die Hi-Fi-Norm hinaus. Nach Stellungnahme seitens der Industrie bedarf dieses Dokument einer nochmaligen Überarbeitung.

Von der BBC wurde ein Verfahren zur Übertragung von Zusatzinformationen im AM-Hörrundfunk vorgestellt (Dok. GT R1 273). Bei diesem Verfahren wird der RF-Träger mit einer geringen Bitrate (25 bit/s) phasenmoduliert (22,5°). Probleme ergeben sich insbesondere bei Raumwellenausbreitung (MW- und KW-Bereich). Hier muß der Phasenhub auf etwa den halben Wert verringert werden, um Programmstörungen zu vermeiden. Auch bei der Produktdemodulation kann es wegen der Phasenänderungen des Trägers zu Schwierigkeiten kommen.

Im November 1981 wurde von der BBC der Carfax-Großversuch abgeschlossen. Daran waren 5 Sender im Raum London beteiligt, um den „Capture-Effekt“ zu untersuchen, mit dessen Hilfe die Brauchbarkeit des Systems deutlich verbessert wird. Es zeigte sich, daß der unerwünschte Sender unterdrückt wird, wenn dessen Feldstärke 3 bis 4 dB geringer als die des Nutzsenders ist. Die möglichen Gleichkanalstörungen, die verstärkt bei Raumwellenausbreitung auftreten, wurden bei diesem Versuch jedoch nicht untersucht. Dennoch wird nunmehr die Einführung des Carfax-Systems in England in Erwägung gezogen.

Die nächste Tagung der UAG R1 wird voraussichtlich im Januar nächsten Jahres in Genf stattfinden. Dazu sollen auch Vertreter der Industrie eingeladen werden.

Gerd Petke

Institut für Rundfunktechnik, München

<sup>1</sup> Regional Administrative Radio Conference.

<sup>2</sup> Low Power Local Radio.

## DIE 1. KONFERENZ DER AUDIO ENGINEERING SOCIETY ÜBER DIGITALE AUDIOTECHNIK

NEW YORK, 3. BIS 6. Juni 1982

### 1. Einleitung

Die erste Konferenz der Audio Engineering Society (AES) über digitale Audiotechnik sollte offensichtlich einen dringenden Fortbildungsbedarf abdecken, der insbesondere bei amerikanischen Geräteherstellern und Tonstudiobetreibern entstanden ist. Die Moderation der Konferenz übernahmen die bekannten Pioniere der digitalen Audiotechnik, Barry Blesser und Thomas Stockham. Am Vorabend des eigentlichen Konferenzbeginns hielten diese beiden Moderatoren zwei elementare Einführungsvorträge, die auch denjenigen Konferenzteilnehmern, die bisher keine Berührung mit der digitalen Audiotechnik gehabt hatten, die Möglichkeit eines Einstieges in diese Problematik gewährten.

### 2. Stand der Technik bei A/D-, D/A-Wandlern und bei der magnetischen Aufzeichnung

Ein großer Teil der Konferenz war der tieferen Analyse der Technik gewidmet und begann mit einem Vortrag von Barry Blesser zum Thema „Analog-Digital-, Digital-Analog-Wandlung, Filterung, Quantisierung“. Es wurde nochmal deutlich die bekannte Tatsache ausgesprochen, daß ein digitales System seine Begrenzung in den analogen Teilen der Wandler hat und daß die 16-Bit-Wandler sowohl bezüglich des Wandlerteils als auch der entsprechenden Antialiasing-Filter an der Grenze des technologisch Machbaren stehen. Die optimale Realisierung der Wandlerbausteine ist nur mit dem Hintergrund eines tiefen theoretischen Wissens und durch praktische Erfahrung der Entwickler möglich. Der theoretisch zu erwartende Signal-Rauschabstand von 95 dB wird von keinem verfügbaren 16-Bit-Wandler erreicht. Die Unzulänglichkeiten praktisch realisierter Wandler zu erklären, erfordert sowohl einen komplizierten meßtechnischen Aufwand als auch eine tiefe theoretische Analyse. Die verschiedenen Wandlertypen und Filterstrukturen wurden ausführlich erläutert. Dabei wurden Bewertungskriterien bezüglich der Welligkeit des Frequenzgangs im Sperr- und Durchlaßbereich, des Phasenverlaufs und der Sperrdämpfung diskutiert.

Nach diesem Einstieg in die spezielle Technik der Wandler durch Barry Blesser folgte ein zweiter Grundsatzzvortrag von James Lemke, der über den Stand der Technik bei „Magnetischer Aufzeichnung hoher Schreibdichte“ informierte. In einer Analyse der Entwicklung der letzten Jahre zeigte Lemke, daß die digitale magnetische Aufzeichnung von Daten (bezüglich der Ausnutzung des Bandmaterials) der analogen Audioaufzeichnung weit unterlegen war. In den letzten Jahren jedoch erfolgte eine sprunghafte Weiterentwicklung der digitalen Aufzeichnungsverfahren auf magnetomotorische Medien, die dazu geführt hat, daß Aufzeichnungsdichten von  $5 \cdot 10^6$  Bit pro Quadratzoll bereits Stand der Technik sind, während Aufzeichnungsdichten von  $30 \cdot 10^6$  Bit pro Quadratzoll noch als Labormuster auf der Basis von integrierten Köpfen und Isotropenmagnetschichtstrukturen hergestellt werden konnten. Als Zukunftsgrenze in der magnetomotorischen Aufzeichnungstechnik wird ein Wert von  $3 \cdot 10^8$  Bit pro Quadratzoll angestrebt. Dieser Durchbruch in der magnetomotorischen Aufzeichnung hoher Dichte erfolgte aufgrund der Entwicklung der transversalen (also senkrecht zur Bandfläche verlaufenden) Magnetfeldstrukturen. Diese im amerikanischen

Sprachgebrauch als „Vertical Recording“ oder „Perpendicular Recording“ bekanntgewordene Aufzeichnungsart erlaubt die Erhöhung der Bitdichte auf bis zu 100 000 Flußwechsel pro Zoll der Magnetbandspur, was die bisherige Dichte der analogen Bandaufzeichnung, die sich der Longitudinalaufzeichnung bedient, fast um das Vierfache übersteigt. Durch Verwendung von anisotropen Magnetschichten, die sich nur in bandnormaler Richtung magnetisieren lassen, können bis zu 1200 Magnet Spuren pro Zoll der Bandbreite untergebracht werden, so daß eine Aufzeichnungsdichte von  $120 \cdot 10^6$  Bit pro Zoll erreichbar wird. Physikalisch läßt sich diese enorme Erhöhung der Aufzeichnungsdichte bei bandnormaler Aufzeichnung durch den Wegfall der Entmagnetisierungsercheinungen in den Elementarmagneten bei hoher Aufzeichnungsfrequenz erreichen. Die Länge der Elementarmagnete bei bandnormaler Aufzeichnung ist unabhängig von der Aufzeichnungsfrequenz und entspricht immer der Schichtdicke des magnetischen Materials. Dagegen spiegelt die Breite dieser Elementarmagnete die Aufzeichnungsfrequenz wider. Durch diese Anordnung entstehen bei hohen Frequenzen schmale und längliche Magnetbereiche, die einen niedrigen Entmagnetisierungsfaktor besitzen. Bei tiefen Frequenzen entstehen dagegen kurze und dicke Elementarbereiche, die stark der Entmagnetisierung unterliegen. Als Magnetmaterial für bandnormale Magnetisierung wird ein Kobalt-Chrom-Film verwendet. Als führender Fachmann auf dem Gebiet der bandnormalen magnetomotorischen Aufzeichnung wurde Shunichi Iwasake von der Tohoku-Universität in Sendai, Japan genannt. Die bandnormale magnetomotorische Datenaufzeichnung erweist sich mit Bitfehlerraten von  $10^{-10}$  als sehr zuverlässig. Dieser Wert liegt einige Größenordnungen unter den Fehlerraten, die bei optischer Datenaufzeichnung erreichbar sind.

### 3. Neues optisches Tonaufnahmeverfahren

Die große Neuheit dieser Tagung war die von Thomas Stockham vorgestellte optische Audiokarte. Bei dieser Präsentation trat Stockham nicht als Vorstand der Soundstream Company auf, sondern als Repräsentant der Digital Recording Corporation, zu der auch Soundstream gehört. Das vorgestellte Aufzeichnungsverfahren wird „Audiofilecard“ genannt. Es handelt sich um einen optischen, nichtrotierenden Träger rechteckigen Formats. Die Aufzeichnung und das Lesen der digitalen Information erfolgt durch einen bewegten Laserstrahl. Der rechteckige, optische Träger bleibt dabei unbewegt. Die optische Audiokarte hat eine Abmessung von  $4 \times 5$  Zoll. Für die Aufzeichnung wird davon eine Fläche von  $3 \times 4$  Zoll verwendet. Diese Fläche bietet Platz für 45 Minuten stereofone Musik. Die Aufzeichnungsmethode ist sehr ähnlich derjenigen, die bei der digitalen Laserschallplatte angewandt wird. Es gibt „Mikrostriche“ und „Mikroleerräume“, aber keine „Mikrovertiefungen“ wie bei der Laserschallplatte. Bei der optischen Audiokarte handelt es sich um ein fotografisches Schreibverfahren auf einem lichtempfindlichen Träger. Die Abmessungen der Mikrostriche betragen etwa  $1 \mu\text{m}$  und die Abstände zwischen den Spuren liegen zwischen 2 und  $3 \mu\text{m}$ . Der Lesevorgang erfolgt durch einen Abtastkopf, der sich innerhalb des Gerätes befindet. Der Datenträger, der sich außerhalb des Gerätes befindet, bleibt dabei unbewegt, während der Lesekopf eine Rotationsbewegung ausführt und

gleichzeitig eine Parallelverschiebung durchführt. Diese Vorgehensweise erlaubt einen staubdichten Geräteab-schluß, so daß sich alle empfindlichen Teile innerhalb des Gerätegehäuses befinden. Ein typisches Segment der Audiokarte beinhaltet etwa 80 000 Bit. Der abtastende Lichtstrahl stammt aus einem Dioden-Laser. Der rotierende Abtastkopf lenkt diesen Strahl ab und führt ihn entlang der Datenspur auf der Karte. Auf dem Wege vom Dioden-Laser zum Datenträger passiert der Lichtstrahl eine Strahlteilungs-optik und eine Fokussieroptik. Schließlich wird er auf 4 rotierende Mikroskopobjektive gelenkt, die sich auf dem Abtastkopf befinden. Das Leseprinzip beruht auf der Durchleuchtung des Datenträgers und einer anschließenden Reflexion des lesenden Strahls an einer Spiegelfläche, die sich hinter dem transparenten Datenträger befindet. Auf diese Weise wird zum Lesen das gleiche optische System benutzt wie zum Schreiben. In diesem optischen System erfolgt die Strahl-führung entlang der Datenspur mit Hilfe eines Spiegelgalvanometers. Der rotierende Spiegel ist dabei so geformt, daß der Strahl seinen Einfallswinkel kontinuierlich verändert und dabei immer im Zentrum des mit dem Abtastkopf rotierenden Mikroskopobjektivs verbleibt. Am Ende des Datensegmentes angelangt, springt der Strahl zum Segmentanfang, weil der rotierende Ablenkspiegel an dieser Stelle einen entsprechenden Winkel-sprung aufweist. Der Abtastkopf führt dabei eine translatorische Bewegung zur nächsten Datenspur durch, und der Strahl trifft das nächste Mikroskopobjektiv, das sich inzwischen über dem Anfang des neuen Datensegmentes positioniert hat.

Das Gerät besitzt nur 4 rotierende Teile und erlaubt einen wahlfreien Zugriff zu Datenabschnitten, die sich auf Paketen von 200 Spuren befinden. Der Zugriff kann innerhalb von Bruchteilen einer Millisekunde erfolgen. Diese Eigenschaft hat große Bedeutung bei professionellen Anwendungen, falls elektronisches Editieren angestrebt wird. Die Tatsache, daß der rechteckige Datenträger beim Lesevorgang nicht bewegt wird, sich also immer in Ruhe befindet und nicht erst abgebremst werden muß, erlaubt einen sehr schnellen Kartenwechsel. Das ist ebenfalls ein Vorteil, der für professionelle Anwendungen genutzt werden kann. Wenn man die Audiokarten nicht einzeln aufbewahrt, sondern aneinanderhängt und auf eine Rolle wickelt, entsteht ein automatisches Tonarchiv, welches durch das Vor- und Rückspulen dieser Rolle einen sekundenschnellen Zugriff auf Musikabschnitte von 45 Minuten Dauer erlaubt. Innerhalb dieser Abschnitts kann durch die Bewegung des Abtastkopfes quer zu den Segmenten der Audiokarte auf weitere, kleinere Musikabschnitte zugegriffen werden. Die Herstellung einer kleinen Anzahl von Kopien von der Audiokarte ist mit einfachen Mitteln auf optischem Wege möglich, und zwar nicht durch ein erneutes Beschreiben eines unbeschriebenen Trägers, sondern durch optische Replizierung. Im Gegensatz zu der optischen Audioplatte ist dabei kein Preßvorgang erforderlich. Das optische Vervielfältigungsverfahren ist sehr kostengünstig, obwohl es sich dabei nicht um eine Kontaktkopie handelt. Die optische Vervielfältigung erfolgt über eine Anordnung von Mikrolinsen, die eine scharfe Fokussierung der zu kopierenden Datenspuren in der Ebene des neuen, unbeschriebenen Datenträgers ermöglicht. Ein solches Kopierverfahren bietet im Gegensatz zum Kontaktkopieren einen gewissen Schutz gegen unbefugte Vervielfältigung der Musiksoftware. Das optische Aufzeichnungsverfahren unterscheidet sich übrigens wesentlich vom fotografischen Prozeß auf der Basis der lichtempfindlichen Silbersalze. Es handelt sich vielmehr um eine lichtempfindliche Aufzeichnung, die stärker an das Trockenkopieren von Dokumenten nach dem Xerox-Verfahren erinnert.

#### 4. Methoden der Codierung

Zwei weitere grundlegende Vorträge zur Technik der Digitalverarbeitung wurden von bekannten amerikanischen Fachleuten auf diesem Gebiet, Andrew Viterbi und Larry Rabiner, gehalten. Andrew Viterbi, bekannt als Erfinder gleichnamiger Decodierungsalgorithmen für Faltungscodes, sprach über Methoden der Codierung und Codespreizung zur Korrektur sowohl statistisch verteilter Fehler als auch von Bündelfehlern bei magnetischer Aufzeichnung. Zur mathematischen Beschreibung dieser Fehlerarten entwickelte Viterbi ein Kanalmodell auf der Basis eines Markowschen Prozesses mit drei Zuständen. Für dieses Kanalmodell, das durch Parameteränderungen der magnetischen wie auch der optischen Aufzeichnung angepaßt werden kann, ergeben sich drei Fehlerschutzstrategien:

1. Anwendung von Faltungscodes zur Fehlerkorrektur;
2. Anwendung der zyklischen Redundanzcodierung zur Fehlerentdeckung, kombiniert mit Faltungscodes zur Fehlerkorrektur;
3. Ergänzung dieser Verfahren durch Codespreizung (Interleaving).

Anschließend stellte Viterbi einen LSI-Chip vor, der für die Datenabteilung der DARPA entwickelt wurde (DARPA – Defence Advanced Research Project Agency – ist die Forschungsorganisation des Pentagon). Der in diesem LSI-Chip untergebrachte Coder/Decoder realisiert alle von Viterbi beschriebenen Fehlerschutzalgorithmen sowohl für Einzel- als auch für Bündelfehler und kann zur Fehlerkorrektur bei magnetischer und optischer Datenaufzeichnung hoher Schreibdichte eingesetzt werden. Durch diese Präsentation wurde nochmals die in den Expertenkreisen der ARD vertretene These verdeutlicht, daß die digitale Signalverarbeitung nur dann eine kostengünstige Entwicklung erfahren wird, wenn Nebenprodukte militärischer Forschung für die Zwecke der elektronischen Massenkommunikation angewandt werden können. Viterbi konnte diesen neuen „Teflonpfanneneffekt“ deutlich demonstrieren. Dieser auf einer Karte untergebrachte LSI-Chip erreicht die theoretisch vorher-sagbare Leistungsfähigkeit bezüglich des Fehlerschutzes für das angenommene Kanalmodell.

#### 5. Digitale Signalverarbeitung und Meßtechnik

Der zweite amerikanische Experte von Weltruf, der sich den Fragen der digitalen Signalverarbeitung für Audiozwecke gewidmet hat, war Larry Rabiner von den Bell Laboratories. Rabiner ist bekannt als Autor eines Standardwerkes zur digitalen Signalverarbeitung und kündigte ein neues Buch zu diesem Thema an, das sich digitalen Signalverarbeitungssystemen unterschiedlicher Abtastfrequenzen widmen wird. Nach einer kurzen Erläuterung des Prinzips der Abtastratenwandlung auf digitaler Ebene verdeutlichte Rabiner die Unumgänglichkeit solcher Systeme für moderne digitale Kommunikationsnetze und nahm somit allen Diskussionsansätzen zur Normung der Abtastraten bei digitaler Tonaufzeichnung den Wind aus den Segeln. Laut Rabiners Ausführungen wird eine einheitliche Abtastrate bei den digitalen Kommunikationsnetzen nicht einmal angestrebt. Aus einer Reihe von Gründen erscheint es zweckmäßiger, die Abtastrate den jeweiligen Signaleigenschaften anzupassen und bei Nachrichtenaustausch zwischen Systemteilen mit unterschiedlichen Abtastraten eine digitale Abtastratenwandlung durchzuführen. Rabiner verwies danach auf die exzellente praktische Lösung dieses Problems für die Zwecke der digitalen Audiotechnik durch die Firma Studer und leitete somit die Serie von Vorträgen europäischer und japanischer Experten auf dem Gebiet der digitalen Tonsignalverarbeitung ein.

Es folgten dann von den europäischen AES-Tagungen bereits bekannte Vorträge von Roger Lagadec (Studer), Toshi Doi (Sony), Kunimaro Tanaka (Mitsubishi) sowie eine Reihe von Doppelvorträgen von Experten von Philips und Sony zur Compact-Disc. Gut vertreten bei der Konferenz waren auch die britischen Experten, vor allem die der BBC sowie die der Firma Neve und die der britischen Firma Lucasfilm. Martin Jones von der Firma Neve erläuterte die Konstruktion des ersten volldigitalen Mischpults dieser Firma. Dieses Mischpult verwendet die Stellglieder, die von der Firma Neve bereits für analoge Mischpulte mit elektronisch gesteuerten Verstärkereinheiten verwendet wurden. Inzwischen sind diese analogen Verstärker durch volldigitalisierte Mischer und Filter ersetzt worden, und es zeichnet sich eine Kostengleichheit zwischen der analogen und der digitalen Ausführung ab.

Die Experten der BBC, Neil Gilchrist und David Stripp, gingen auf die Frage der digitalen Meßtechnik im Audiobereich ein und erläuterten die Erfahrungen der BBC auf diesem Gebiet. Es zeigt sich, daß die von kritischen Hörern wahrnehmbaren klanglichen Erscheinungen bei digitaler Übertragung und Aufzeichnung kaum mit konventionellen Meßmethoden erfaßt werden können. Zu deren Erfassung benötigt man sowohl neue Testsignale als auch neue Meßgeräte. Als Testsignal für digitale Übertragungstrecken verwendet die BBC eine digitalsynthetisierte Melodie (es handelt sich um das bei verschiedenen Tagungen schon öfters vorgespielte Motiv des französischen Volksliedes „Frère Jacques“). Dieses Signal erlaubt sowohl gehörmäßig wie auch meßtechnisch durch oszilloskopieren der analogen Spannungsverläufe, die eventuellen Signalverzerrungen nach der D/A-Wandlung festzustellen. Die BBC-Experten prägten in diesem Zusammenhang den Begriff „Acoustic Colourbar“ – der akustische Farbbalken. Die weitere Entwick-

lung solcher Testsignale, die sowohl für das Ohr wie auch für das Oszilloskop bestimmt sind, sollte nach Meinung der Experten fortgesetzt werden, um für jede Art der möglichen Signalverzerrung in digitalen Systemen ein geeignetes Prüfsignal zu besitzen.

#### 6. Zukunft der digitalen Studiotechnik

Obwohl in den Vorträgen die bereits auf mehreren AES-Tagungen veröffentlichten Informationen zu Compact-Disc und digitalen Studiomaschinen wiedergegeben wurden, fand diese Thematik bei den Konferenzteilnehmern großes Interesse. Die Frage der Durchsetzbarkeit der Compact-Disc-Norm und die der Zuverlässigkeit und Wirtschaftlichkeit der Fertigung von optischen Laserplatten wurde teilweise recht emotional von den Konferenzteilnehmern während der Diskussionen angegangen. Offensichtlich waren unter den Teilnehmern viele Vertreter der konventionellen Plattentechnik, und diese Riege der schwarzen Riesen wollte nicht ohne weiteres auf die neue Technik der digitalen Schallplatte einschwenken. Recht polemisch zu der Frage der Kosten einer digitalen Tonaufzeichnung hat sich der Präsident der Gotham Organization, Stephan Temmer, geäußert. Nach seinen Schätzungen erfordert ein digitales Studio zur Zeit den vierfachen Kostenaufwand gegenüber einem analogen. Diese Kosten machten sich jedoch in der Qualität des Endproduktes kaum bemerkbar. Dieser Auffassung von Temmer wurde gerade seitens amerikanischer Studiobesitzer, die sich digitale Aufzeichnungsgeräte angeschafft haben, heftig widersprochen. Es wurde verdeutlicht, daß die höheren Anschaffungskosten digitaler Maschinen sich schnell amortisieren, da die Nachfrage nach dieser Aufnahmetechnik bei den Musikproduzenten sehr hoch ist.

Leo Danilenko  
Westdeutscher Rundfunk, Köln

## TAGUNGEN UND AUSSTELLUNGEN

### Termine

2. 9. – 6. 9. 1982 Mailand	16. Salone Internazionale della Musica e High Fidelity	4. 10. – 8. 10. 1982 Kleinheubach	Jahrestagung des U.R.S.I.-Landesausschusses
13. 9. – 15. 9. 1982 Göttingen	DAGA 82 9. Jahrestagung der Deutschen Arbeitsgemeinschaft für Akustik	6. 10. – 12. 10. 1982 Köln	photokina
13. 9. – 16. 9. 1982 München	10. Jahrestagung der Fernseh- und Kinotechnischen Gesellschaft (FKTG)	19. 10. – 21. 10. 1982 Saarbrücken	NTG-Fachtagung Rundfunk-Satellitensysteme
13. 9. – 17. 9. 1982 Helsinki	EuMC 12th European Microwave Conference	20. 10. – 23. 10. 1982 Dortmund	ELEKTROTECHNIK 82 13. Fachschau für elektronische Aus- rüstung
18. 9. – 21. 9. 1982 Brighton	IBC 82 9th International Broadcasting Convention	9. 11. – 13. 11. 1982 München	electronica 10. Internationale Fachmesse für Bauelemente und Baugruppen der Elektronik
		23. 11. – 25. 11. 1982 Mannheim	NTG-Fachtagung Hörrundfunk

## BUCHBESPRECHUNGEN

**Taschenbuch Elektrotechnik. Band 5: Elemente und Baugruppen der Elektroenergietechnik.** Hrsg. Eugen Philippow. 972 Seiten, 920 Bilder, 285 Tabellen, Format 22 cm x 15 cm, gebunden, Carl Hanser Verlag, München-Wien 1981, Preis 64,- DM, ISBN 3-446-12312-1.

Als Lizenzausgabe des VEB Verlag Technik, Berlin (DDR), erschien inzwischen auch in der Bundesrepublik der 5. Band des bewährten und neu überarbeiteten „Taschenbuch Elektrotechnik“. Während die ersten vier Bände die allgemeine Elektrotechnik sowie die Nachrichten- bzw. Informationstechnik darstellen, wird hier ein Überblick zur Energietechnik gegeben.

Das Taschenbuch weist in dem für diese Buchreihe mittlerweile typischen Umfang von etwa 970 Seiten sechs Kapitel auf: Elektrische Maschinen, Elektrische Antriebe, Elektrische Apparate, Meß-, Schutz- und Steuereinrichtungen der Elektroenergietechnik, Leistungselektronik und Sachwörterverzeichnis.

Dabei werden in konzentrierter Form die Grundlagen der Elektroenergietechnik dargestellt, abgerundet durch Literaturverzeichnisse nach jedem Kapitel und durch ein abschließendes ausführliches Sachwörterverzeichnis. Einige Abschnitte, wie die Regelung und Steuerung von Antriebssystemen und die Schaltvorgänge, lassen den Anschluß an den nachrichtentechnischen Inhalt der ersten vier Bände erkennen. Dabei kommen naturgemäß die Abschnitte Funkentstörung und Netzrückwirkungen, die eigentlich in das Gebiet der Elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV) gehören, zu kurz.

Der Herausgeber und die verschiedenen Autoren haben insgesamt einen systematischen Aufbau eingehalten, verbunden mit einer verständlichen Darstellung. Im Sinne eines Handbuches wird dem Benutzer dieses Nachschlagewerkes für sein Fachgebiet eine schnelle und übergreifende Information gegeben, die mit Hilfe der Literaturzitate jederzeit erweitert werden kann. Dieser Band bietet wie seine Vorgänger dem praktisch sowie wissenschaftlich tätigen Ingenieur eine geeignete Hilfestellung bei der Lösung komplexer Aufgabenstellungen.

Martin Dahme

**Internationale OP-Vergleichsliste.** Über 5000 amerikanische, britische, europäische und japanische Linear-ICs. Mit elektrischen und mechanischen Daten, Herstellern und Vergleichstypen. Von Thomas Dundas Towers. 204 Seiten, Format 25,5 cm x 17,5 cm, kartoniert, deutsche Ausgabe, Franzis-Verlag, München 1981, Preis 28,- DM, ISBN 3-7723-6791-1.

Der Schaltungsentwickler als Anwender linearer integrierter Schaltungen muß sich sehr oft mit der umfangreichen Gruppe der Operationsverstärker befassen. Dabei taucht meistens das Problem des Vergleichs der verschiedenen Daten unterschiedlicher Hersteller auf. Beim Servicetechniker dagegen stellt sich die Frage, welchen neuen Operationsverstärker kann man für einen veralteten, nicht mehr erhältlichen als Austauschmodell verwenden. In solchen Fällen ist eine tabellarische Zusammenstellung von Operationsverstärkern und deren Kenndaten ein sehr großes Hilfsmittel.

Das vorliegende zweisprachige Tabellenwerk (deutsch und holländisch) enthält die Daten von über 5000 linearen integrierten Schaltungen und gibt Auskunft über Nenndaten, Eigenschaften, Gehäuseform, Anschlüsse (Pin-Belegung), Anwendungsfälle, Hersteller und über entsprechende Ersatztypen. Im Buch sind nicht nur die

„reinen“ Operationsverstärker, sondern auch noch die linearen ICs (deren Eigenschaften analogen Verstärkern ähnlich sind, wie z. B. DC-Komparator, Stromverstärker, Spannungsfolger usw.) verzeichnet. Es sind IC-Daten von Herstellern aus Europa, USA und Japan zusammengestellt.

Der den Tabellen vorangehende Abschnitt „Einführung in den Operationsverstärker“ beschreibt die Eigenheiten dieser linearen ICs und erläutert die in der Zusammenstellung aufgeführten Kenndaten. Ein ausführliches Beispiel als Erklärung zu den Tabellen steht am Anfang des 150 Seiten umfassenden Tabellariums.

Allerdings muß man bei dem Versuch, einen bestimmten Operationsverstärker in der Tabelle zu finden, leider feststellen, daß dieser (obwohl schon einige Jahre alt) nicht in der Zusammenstellung zu finden ist. Auch sind verschiedene Herstellernamen unbekannt. Eine Erklärung dafür ist leicht zu finden. Die englische Originalausgabe ist 1979 erschienen, die ins Deutsche übersetzte Fassung 1981. Da eine derart umfassende Zusammenstellung auch eine entsprechende Vorbereitungszeit braucht, ist anzunehmen, daß nur ICs berücksichtigt wurden, die bis Anfang 1979 bekannt waren. Das ist sicher ein Nachteil dieser Vergleichsliste. Es wäre wünschenswert, daß bei solchen Tabellen ein Stichtag angegeben wird, bis zu dem die Bauelemente erfaßt wurden. Dies gilt aber nur für das vorliegende Buch.

Alfred Schaumberger

**Netzwerke, Signale und Systeme. Band I: Systemtheorie linearer elektrischer Netzwerke.** Hochschultext. Von H. W. Schüßler. 382 Seiten, 210 Bilder, Format 24,2 cm x 16,5 cm, geheftet, Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York 1981, Preis 54,- DM bzw. 28.40 US\$, ISBN 3-540-10524-7.

Für die Analyse elektrischer Netzwerke, die aus den linearen Bauelementen Widerstand, Kapazität, Induktivität, Transformator sowie Strom- und Spannungsquellen bestehen, gibt es eine Reihe klassisch zu nennender, seit Jahrzehnten bewährter Verfahren.

Mit der Einführung der Systemtheorie bietet sich seit einiger Zeit eine neuartige Betrachtungsweise an, die den Vorzug hat, auch komplizierte Netzwerke sehr elegant der Berechnung zugänglich zu machen. Dabei sind die verwendeten Algorithmen besonders gut für Digitalrechneranwendungen geeignet.

Das vorliegende Lehrbuch führt in hervorragender Weise in diese Verfahren ein. Es besteht aus 6 Kapiteln und einem Anhang. Jedes Kapitel besitzt ein eigenes Literaturverzeichnis.

Zunächst werden einmal die für die systemtheoretischen Betrachtungen notwendigen Idealisierungen diskutiert und entsprechende Modelle für die realen Bauelemente definiert. Die Analyse linearer ohmscher Widerstandsnetzwerke wird dargestellt und dann durch die Einführung der Zeitveränderlichkeit sowie der übrigen möglichen Bauelemente verallgemeinert und auch auf Mehrphasensysteme ausgedehnt.

Ein Kapitel ist der Vierpoltheorie gewidmet. Es ist im wesentlichen zur Vervollständigung des Stoffes gedacht und beschränkt sich auf die wichtigsten Fakten. Breiter Raum ist den Übertragungsfunktionen einer komplexen Frequenzvariablen eingeräumt. Außerdem werden die Einschwingvorgänge behandelt, wobei sowohl die Beschreibung der Systeme mittels Zustandsgleichungen als auch die Analyse der Zeitabhängigkeit mittels

Laplace-Transformation durchgeführt ist. Im Anhang sind verschiedene mathematische Grundlagen sowie die Modelle einiger realer Bauelemente näher erläutert.

Das Werk wendet sich an Studierende der Elektrotechnik an wissenschaftlichen Hochschulen und darüber hinaus an diejenigen in Forschung, Entwicklung und Lehre, die sich mit der modernen Betrachtungsweise der Netzwerkanalyse vertraut machen wollen. Wegen seiner klaren, leicht faßlichen Darstellung und der zahlreichen erläuternden Beispiele ist das Buch auch sehr gut zum Selbststudium geeignet.

Bodo Morgenstern

**Entwurf und Realisierung digitaler Filter.** Aus der Reihe: Einführung in die Nachrichtentechnik. Von Seyed Ali Azizi. Hrsg. Alfons Gottwald. 309 Seiten, 134 Bilder, 3 Tabellen, Format 23,5 cm x 15,5 cm, Kunststoffeinband, R. Oldenbourg Verlag, München-Wien 1981, Preis 74,- DM, ISBN 3-486-24561-9.

Die digitale Verarbeitung von Signalen hat in den letzten Jahren große Fortschritte gemacht. Der Anwendungsbereich reicht heute von der Erfassung sehr langsamer Vorgänge, z. B. in der Biotechnik oder Meteorologie, bis hin zur Verarbeitung von Fernsehbildern. Dabei muß in vielen Fällen eine Filterung von Signalen vorgenommen werden. Der Verfasser beschreibt in seinem Vorwort und im ersten Kapitel den Vorteil der digitalen Filterung von Signalen gegenüber der analogen Filterung. Solche Digitalfilter können sowohl hardware- als auch softwaremäßig realisiert werden. Die Hardwarelösung bietet hohe Verarbeitungsgeschwindigkeit, die Softwarelösung hat den Vorteil der großen Flexibilität.

Das vorliegende Buch „Entwurf und Realisierung digitaler Filter“ versucht in sieben Kapiteln anhand einfacher Beispiele die wichtigsten mathematischen Verfahren zur Beschreibung und zum Entwurf digitaler Filter möglichst anschaulich und leicht verständlich darzustellen und auf Probleme hinzuweisen, die bei der praktischen Realisierung solcher Filter auftreten. Auch werden verschiedene technische Realisierungsmöglichkeiten digitaler Filter in Grundzügen erläutert. Die einzelnen Kapitel des Buches befassen sich mit einer Einführung in digitale Systeme (Filter), der Fouriertransformation, einer Systembeschreibung im Zeitbereich und im Frequenzbereich und erörtern rekursive und nichtrekursive Filtersysteme. Im Abschnitt „Realisierung digitaler Systeme“ wird sowohl der softwaremäßige als auch der hardwaremäßige Aufbau digitaler Filter in Grundzügen erörtert. Ein umfangreiches Literaturverzeichnis und Sachregister ist am Schluß des Buches zu finden.

Das Werk soll Studierenden und Ingenieuren als Einführung in die Theorie und die Technik digitaler Filter dienen, stellt aber kein „Kochbuch“ für Digitalfilter dar. Es ist sicher auch ein hilfreiches Nachschlagewerk für den Spezialisten.

Alfred Schaumberger

**Rechnerarchitektur. Band 208: Sammlung Informatik.** Aus der Reihe: Heidelberger Taschenbücher. Von W. K. Giloi. Hrsg. F. L. Bauer, G. Goos und M. Paul. XV, 380 Seiten, 133 Bilder, Format 20,5 cm x 13,5 cm, geheftet, Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York 1981, Preis 39,50 DM bzw. 23,30 US\$, ISBN 3-540-10352-X.

Das klar strukturierte Buch bietet in 9 Kapiteln eine sehr gute Übersicht über die Entwicklung, den Aufbau und die möglichen Formen von digitalen Rechenanlagen.

Obwohl sich die Halbleitertechnologie sehr stürmisch entwickelte, wurden die Rechner in der Mehrheit nach dem von-Neumann-Prinzip aufgebaut. Der Autor beschreibt deshalb die von-Neumann-Maschine nach der

Struktur, dem Operationsprinzip, der Ablaufkontrolle und den Programmstrukturen sehr ausführlich.

Der Darstellung der meisten gebräuchlichen EDV-Anlagen auf der Basis der von-Neumann-Maschine folgt eine Abhandlung über Einprozessorsysteme und deren Organisation. In weiteren Kapiteln werden Konzepte der Parallelarbeit und innovative Rechnerstrukturen wie die bekannten Rechner ILLAC IV, CDC 6600 und andere beschrieben.

Ein Kapitel über Spracharchitekturen geht vor allem auf die semantische Lücke zwischen den höheren Programmiersprachen und den Maschinensprachen ein. Besonderes Ziel der Sprachentwicklung wird es sein, diese Lücke zu schließen und sprachorientierte Rechnerarchitekturen zu schaffen.

Die systematische Darstellung wird von klaren Definitionen und Beschreibungen begleitet, so daß das Buch allen zu empfehlen ist. Da zahlreiche Abbildungen zur Verständlichkeit des Textes beitragen, ist es auch für EDV-Unkundige zur Verbesserung ihres Wissens geeignet.

Dietrich Sauter

**Datenverarbeitungssysteme. Aufbau und Arbeitsweise.** Von K. E. Ganzhorn, K. M. Schulz, W. Walter. XVI, 305 Seiten, 181 Bilder, 1 Schablone, Format 24,5 cm x 16,5 cm, gebunden, Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York 1981, Preis 78,- DM bzw. 35,50 US\$, ISBN 3-540-10598-0.

Der Stoff des Lehrbuches beruht auf einer Vorlesung für Studenten der Elektrotechnik und der Wirtschaftswissenschaften. Wie bei der Fülle des behandelten Themas nicht anders möglich, liegt die Betonung auf dem Herausarbeiten invarianter, allen Datenverarbeitungssystemen zugrundeliegender Prinzipien. Technische Realisierungen und praktische Anwendungen werden dagegen nur gelegentlich angedeutet.

Das Buch gliedert sich in drei Hauptabschnitte:

- I Grundlagen (34 Seiten)
- II Das Datenverarbeitungssystem (156 Seiten)
- III Erweiterungen und Ergänzungen (156 Seiten).

Teil I behandelt die räumliche Anordnung (zentrale DV, Datenfernverarbeitung) und die zeitlichen Betriebsarten (Dialog-, Stapelbetrieb) einer DV-Anlage. Typische Anwendungsbeispiele aus der Praxis erläutern den Text. Es folgt eine knappe Definition der wichtigsten Grundbegriffe der digitalen Informationsdarstellung (binäre Zeichendarstellung), -speicherung und -verknüpfung (Boolesche Algebra).

Teil II gibt in einer einleitenden Systemübersicht eine grobe Darstellung der Struktur realer DV-Systeme. Von den wesentlichen Elementen der Zentraleinheit und ihrem Zusammenwirken mit der Rechnerperipherie führen die Autoren über die Speicherhierarchie und -organisation zu einer stichpunktartigen Darstellung der nötigen Betriebssystemsoftware und schildern anschließend den Entwicklungsweg eines Quellprogramms in einer höheren Programmiersprache über die Maschinendarstellung bis hinein in die Firm- und Hardware des Rechners.

Den vielfältigen Arten der Datenspeicherung ist ein eigenes Kapitel „Information und ihre Speicherung“ gewidmet. Einer kurzen Zusammenfassung der verschiedenen Datentypen und gängigsten Datencodes folgt die Beschreibung einer besonders hochentwickelten Art der Datenverwaltung: der Datenbank. Verschiedene Typen (relational, hierarchisch) werden hinsichtlich Architektur und verwendeter Methoden verglichen, um durch geeignete Datenorganisation (hashing, indexsequentiell) schnelle Zugriffszeiten bei gleichzeitig großen Datenmengen zu erreichen.

Es folgt eine Darstellung der verschiedenartigen, in einem DV-System verwendeten Speichermedien. Beginn-

nend mit den extrem schnellen, aber in ihrer Kapazität begrenzten Zentralspeichern und der technischen Realisierung bestimmter Grundfunktionen (Boolesche Verknüpfungen, Warteschlange, Stackspeicher) werden die vielfältigen externen Speichermedien behandelt und schließlich ein Ausblick auf moderne Speichertechnologien (magnetic bubbles) gegeben. Wie die verschiedenen Speichertypen zur Erzielung eines optimalen Preis/Leistungsverhältnisses in einem Rechner kombiniert werden, schildert das Kapitel „Speicherhierarchie“.

Der Abschnitt „Datenverarbeitung“ behandelt nach einer kurzen Zusammenfassung grundlegender Programmstrukturen und Betriebssystemfunktionen ausführlich die Abarbeitung eines Maschinenbefehls am Beispiel der IBM/370-Befehlsstruktur. Die zuvor nur schematisch dargestellten Rechnerkomponenten Leitwerk und Rechenwerk werden detailliert in ihrer Funktionsweise erläutert. Anschließend folgt eine Beschreibung über den Informationstransport. Es werden die Einheiten beschrieben, die den Informationsfluß in der Zentraleinheit (interne Datenübertragung) steuern bis hin zum Aufbau von Rechenzentren und den verwendeten Übertragungstechniken.

Teil III konzentriert sich auf Erweiterungen und Ergänzungen der zuvor beschriebenen DV-Komponenten. Im Kapitel „Hochleistungssysteme“ wird zunächst untersucht, welche Parameter als Kriterien für die Effizienz einer DV-Anlage herangezogen werden können (Durchsatz, Antwortzeit, Auslastung) und welche Maßnahmen bei modernen Betriebssystemen ergriffen werden, um diese Parameter zu optimieren (E/A-Pufferung, Mehrprogrammbetrieb, Zeitscheibenverfahren). Es folgt eine Beschreibung typischer Hochleistungskonfigurationen (Rechnerverbund, Mehrprozessorsysteme, Parallelrechner). Ein weiteres Kriterium für die Leistungsfähigkeit einer DV-Anlage ist die Zuverlässigkeit. Es werden Möglichkeiten der Fehlererkennung und -lokalisierung vorgestellt sowie Methoden, die eine Fehlerkorrektur ermöglichen und damit ein System in gewissen Grenzen fehlertolerant machen.

Im Vorwort vermerken die Autoren, das Buch sei für den „lernenden Praktiker“ geschrieben. Für eine erste Orientierung auf einem bestimmten Gebiet trifft dies zu. Das Studium von Spezialliteratur ist aber in jedem Fall nötig. Hier sind die zahlreichen Literaturhinweise sicher hilfreich.

Manfred Seidenthal

**Hilfsbuch der Elektronik. Band 1: Grundlagen.** AEG-Hilfsbuch. Hrsg. Klaus Johannsen. 3., verbesserte Auflage. 752 Seiten, 485 Bilder, 379 Tabellen, Format 21,5 cm x 15,5 cm, Plastikeinband, Dr. Alfred Hüthig Verlag, Heidelberg 1981, Preis 68,- DM, ISBN 3-87087-123-7.

Das AEG-Hilfsbuch ist dem erfahrenen Elektroniker – insbesondere dem Energietechniker – schon seit langem ein Begriff. Das Erscheinen der vorliegenden dritten Auflage zeigt, daß das Konzept der Herausgeber, ein Nachschlagewerk für den Praktiker und den Nachwuchsingenieur zu schaffen, sich in dieser Form bewährt hat.

Im ersten Band des insgesamt zweiteiligen Werkes sind die Grundlagen der Elektrotechnik und der für ihr Verständnis notwendigen Basiswissenschaften in kompakter Form zusammengetragen. Seiner Natur nach kann es kein Lehrbuch ersetzen, gibt aber zahlreiche Hinweise auf weiterführende Literatur.

Das Buch hat insgesamt 10 Kapitel. Den Einführungen in die Geschichte der Elektrizität, in Normen und in wichtige Stoffkennwerte folgt ein umfangreiches Kapitel über die Mathematik (z. B. Tabellen wichtiger Funktionen, Reihen, Integrale, Differentialgleichungen, komplexe Rechnung, Fourier- und Laplacetransformation).

Das nächste Thema behandelt die theoretische Elektrotechnik (Feldtheorie, Leitungsmechanismus, Theorie der Wechselströme, der Hohlleiter und der Kettenleiter sowie die Berechnung von Ausgleichsvorgängen und Regelkreisen).

Es folgen 2 Kapitel über die Einrichtungen für die Nutzung elektrischer Energie und für die Nutzung nachrichtentechnischer Informationen. Das letztgenannte trägt der Tatsache Rechnung, daß die gegenseitigen Bezüge von Energie- und Informationstechnik stetig enger geworden sind. Die letzten Kapitel stellen die Verbindung zu den mehr technologischen und maschinenbauorientierten Themenstellungen her. Sie befassen sich mit den Grundbauteilen der Elektrotechnik (Leiter, Isolatoren, Kabel, Kondensatoren, Relais usw.) sowie mit den Grundzügen der Thermodynamik und der Wärmeübertragung. Im Anhang findet man eine Zusammenstellung der wichtigsten Schaltzeichen, die allerdings noch nicht überall den neuesten Stand nach DIN/IEC berücksichtigt.

Das Buch ist für alle diejenigen eine wertvolle Hilfe, die sich schwerpunktmäßig mit der Lösung praktischer Probleme der Energietechnik befassen und die ein Arbeitsmittel mit einem sehr guten Leistungs/Preisverhältnis suchen.

Bodo Morgenstern

**Realexikon der Akustik.** Hrsg. Michael M. Rieländer. 461 Seiten, zahlreiche Bilder, Tabellen, Schaltbilder, Diagramme und Notenbeispiele, Format 24 cm x 17 cm, Kunststoffeinband, Verlag E. Bochinsky, Frankfurt 1982, Preis 296,- DM, ISBN 3-920-11284-9.

Das Buch erhebt den Anspruch, ein Lexikon zu sein. Es ist jedoch mehr, da der Herausgeber in einer bewundernswerten Fleißarbeit nicht nur Worterklärungen zu einer fast lückenlosen Reihe von Begriffen der Akustik zusammengetragen hat, sondern durch zahlreiche Hinweise auf die verwendeten Quellen dem Leser die Möglichkeit zu einer weitergehenden Beschäftigung mit dem aufgesuchten Begriff gibt. Es steht damit zwischen dem üblichen Lexikon und einem das Gebiet der Akustik abdeckenden allgemeinen Lehrbuch.

Wären die Begriffe den vorhandenen Lehrbüchern nicht direkt zu entnehmen, stütze sich der Herausgeber auf die Mithilfe von fast 100 Mitarbeitern aus dem Kreise der mit den jeweiligen Spezialgebieten befaßten Fachleute aus Theorie und Praxis. Dabei ist es gelungen, durch eine einheitliche Nomenklatur ein gut lesbares Nachschlagewerk zu schaffen. Zahlreiche Querverweise gestatten bereits innerhalb des Buches eine erstaunliche Vertiefung der erklärten Begriffe, erschweren dem interessierten Leser geradezu die Beschränkung auf die unmittelbar gesuchte Worterklärung.

Natürlich sind die einzelnen Beiträge in ihrem Umfang begrenzt und können kaum Anspruch auf Vollständigkeit erheben. Auch können die Informationen nicht besser sein als die zugrunde liegenden Quellen. Dennoch erfordert es schon ein ausgesprochenes Suchen, um Schwachstellen zu finden, wie beispielsweise bei der Erklärung des Begriffes „Mündungskorrektur“ (bei dem stillschweigend vorausgesetzt wird, daß alle Rohre rund sind, und bei dem hinsichtlich der Abstrahlung vom offenen Ende Ursache und Wirkung verwechselt werden) und bei den eher dürftigen Ausführungen zum Begriff „Kunstkopf“.

Insgesamt handelt es sich um ein Werk, das dem nur am Rande mit bestimmten Teilgebieten der Akustik befaßten Leser gründliche Begriffserklärungen liefert, das darüber hinaus aber bei intensiver Beschäftigung auch den ersten Einstieg in die Spezialliteratur erleichtert – ein Buch, das man stets zur Hand haben sollte.

Horst Wollherr

**Fehlerkorrigierende Block-Codierung für die Datenübertragung.** Aus der Reihe: Lehr- und Handbücher der Ingenieurwissenschaften. Von Frank J. Furrer. X, 344 Seiten, zahlreiche Bilder und Tabellen, Format 24 cm x 17 cm, Plastikeinband, Birkhäuser Verlag, Basel-Boston-Stuttgart 1981, Preis 98,- DM, ISBN 3-7643-0975-X.

Die Anzahl praktisch verwendeter Datenübertragungssysteme sowie ihre Komplexität und Vielseitigkeit nehmen ständig zu. Wesentliche Gesichtspunkte bei der Realisierung sind Übertragungsrate und Übertragungssicherheit. Da beide Forderungen sich prinzipiell widersprechen, sind kostengünstige Kompromisse anzustreben. Das Spektrum mathematisch möglicher Verfahren ist sehr breit. Die Leistungsfähigkeit eines Systems wird darüber hinaus vor allem aber auch durch technische Randbedingungen – beispielsweise durch Synchronisationsprobleme und Kanaleigenschaften – bestimmt. Das Buch befaßt sich deshalb mit beiden Aspekten gleichermaßen.

Zunächst werden einmal die vielfältigen physikalischen Eigenschaften von Übertragungskanälen in einer Reihe von Kanalmodellen erörtert. Breiter Raum wird dann der Theorie der praktisch verwendbaren Blockcodes und der zugehörigen Decodier- und Synchronisierungsmethoden gewidmet. Dabei beschränkt sich der Autor auf binäre Blockcodes mit Fehlersicherung durch Vorwärtskorrektur. Das findet seinen Grund darin, daß diese Verfahren gleichzeitig auch die Grundlage für andere konkurrierende Methoden bilden. In einem weiteren Kapitel werden die Gesichtspunkte für die Auswahl eines geeigneten Codes bei gegebenen Kanaleigenschaften behandelt. Ein weiteres Thema ist schließlich die Codierung zur Geheimhaltung von Nachrichten (Chiffrierverfahren).

Ein umfassendes Literaturverzeichnis und ein deutsch-englisches Sachwortverzeichnis runden das als Lehrbuch konzipierte Werk ab. Das Buch wendet sich an Informatiker und Ingenieure gleichermaßen und bietet eine hervorragende Zusammenfassung aller für diese relativ junge Disziplin wichtigen Grundlagen.

Bodo Morgenstern

**Städtebaulicher Schallschutz.** Planerische und technische Maßnahmen, Wirtschaftlichkeit, Dimensionierung und Gestaltung. Von E. Sälzer. 2., völlig neubearbeitete und erweiterte Auflage. 127 Seiten, zahlreiche Bilder und Tabellen, Format 24 cm x 17 cm, gebunden, Bauverlag, Wiesbaden-Berlin 1982, Preis 69,- DM, ISBN 3-7625-1388-0.

Der Verfasser gibt uns mit seinem in der 2. Auflage erschienenen Buch in knapper Form einen Überblick über die Problematik des städtebaulichen Schallschutzes. Nach der Einleitung werden die Rechtsgrundlagen und die technischen Richtlinien, die hierfür maßgebend sind, besprochen. Diese sind: Die DIN 18 005 „Schallschutz im Städtebau“ (Vornorm von 1971), das Bundesimmissionschutzgesetz, die Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm, die VDI-Richtlinie 2058 „Beurteilung von Arbeitslärm in der Nachbarschaft“, der Entwurf des Verkehrslärmschutzgesetzes und das Fluglärmschutzgesetz.

In den folgenden Kapiteln werden die Verursacher der Lärmimmissionen, Straßen-, Schienen-, Flug- und Schiffslärm, sowie gewerbliche und sonstige Lärmemitteln ermittelt. Die Ausbreitungsbedingungen der Lärmemissionen und ihre erforderliche Lärminderung durch Abschirmung werden diskutiert und durch zahlreiche Zeichnungen und Diagramme veranschaulicht. Anschließend behandelt der Autor die Möglichkeit des städtebaulichen Schallschutzes durch Anwendung planerischer, technischer und baulicher Maßnahmen. Es wird gezeigt, daß verkehrsberuhigte und lärmgeschützte Zonen durch Verlagerung des Verkehrs auf Umfahungsstraßen, durch Trassenoptimierung, Schallschutzwälle,

Schallschutzwände, Überbauungen, Tunnels, Gebäudestellungen und Bepflanzungen geschaffen werden können.

Die Verminderung der Lärmbelastung durch Maßnahmen wie Anpassen der Steuerung von Lichtsignalanlagen, Nachfahrverbote für bestimmte Fahrzeugarten, Sperrung von Bereichen für den Gesamtverkehr, Verkehrsstromführung u. ä. wird hier leider nicht berücksichtigt, obwohl derartige Maßnahmen ökonomisch sind und zur Verkehrsberuhigung beitragen.

Als letzte Möglichkeit kommt der passive Schallschutz an Gebäuden in Betracht. Er sollte nur dort angewandt werden, wo planerische oder bauliche Maßnahmen in der Nähe einer Schallquelle nicht realisierbar sind. Diese Art der Lärminderung (Dämmung des Außenlärms durch Schallschutzfenster) ist wegen der verbleibenden Belästigung im Umfeld der Wohnung wenig befriedigend und sollte an letzter Stelle des Bemühens stehen, um eine bessere Lebensqualität in unseren Wohnstädten zu erhalten. Die physiologischen und psychischen Auswirkungen des Lärms auf den Menschen, die Kosten des städtebaulichen Schallschutzes, der volkswirtschaftliche Nutzen des Lärmimmissionschutzes und die Bewertung von Schallschutzmaßnahmen werden in kurzen Abschnitten dargestellt. Die eingeführten Größen Schallschutzbedarf (SSB) und Schallschutznutzen (SSN) werden anhand eines Beispiels verdeutlicht.

Dem interessierten Leser wird durch die wertvollen Literaturhinweise am Schluß des Buches weitergeholfen. Dieses praxisorientierte Exemplar aus der Buchreihe „Schallschutz“ ist nicht nur speziell für Architekten, Städte- und Verkehrsplaner empfehlenswert, sondern auch für den interessierten Bürger, der daraus nützliche Informationen erhält.

Georges Karamalis

**Psychoakustik.** Hochschultext. Von E. Zwicker. XI, 162 Seiten, 131 Bilder, Format 24 cm x 16,5 cm, geheftet, Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York 1982, Preis 34,- DM bzw. 15.10 US\$, ISBN 3-540-11401-7.

Der Mitarbeiter des Klassikers „Das Ohr als Nachrichtenempfänger“ hat nunmehr den Stoff einer Vorlesung „Psychoakustik“ in der preiswerten Reihe der Hochschultexte herausgebracht. Der thematisch und didaktisch übersichtliche Aufbau in Verbindung mit der über einen Gutschein anforderbaren Schallplatte mit akustischen Demonstrationen gibt nicht nur dem Hörer der Vorlesung ausgezeichnetes Begleit-(oder Ersatz-?)Material, sondern ermöglicht auch eigenes Durcharbeiten des Stoffes. Der übersichtliche Aufbau und das Stichwortverzeichnis (mit der sehr nützlichen Liste der entsprechenden englischen Fachausdrücke) gestatten auch die Verwendung als Nachschlagewerk – allerdings kaum im Sinne eines Lexikons, sondern durch zusammenhängend abschnittsweise Lesen.

Das Werk ist als Lehrbuch konzipiert und enthält deshalb keine direkten Literaturhinweise. Im Anhang wird lediglich auf eine Reihe geeigneter Bücher, Zeitschriften und Tagungsberichte verwiesen. Will der Leser seine Kenntnisse vertiefen oder relativieren, ist er darauf angewiesen, in dieser Literatur nach Quellen zu forschen.

Sicher ist der Titel „Psychoakustik“ in seiner Kürze zu umfassend ausgefallen, da sich der Inhalt im wesentlichen auf das – zugegebenermaßen sehr große – Gebiet beschränkt, das vom Autor selbst bearbeitet oder beeinflusst wurde. Immerhin liegt hierin auch eine Stärke, da die Darstellungen eine gewisse Authentizität aufweisen, also ganz sicher nicht durch ungenaue Wiedergabe verfälscht sind. Dennoch mag manchem Leser die Beschränkung auf monaurale Effekte als Mangel erscheinen, zu-

mal damit alle Themen, die das Richtungshören betreffen, ausgeklammert bleiben.

Selten gibt es ein Lehrbuch, das so deutlich vom persönlichen Stil seines Autors geprägt wird, der in diesem Falle aus der naturwissenschaftlichen Grundhaltung erwächst: Begriffe, die nicht klar definierbar, geschweige denn meßtechnisch erfaßbar sind, werden nicht einmal erwähnt. Sucht man z. B. nach psychoakustischen Zusammenhängen mit dem Begriff „Lästigkeit“, wird man keine Hilfe finden.

Auch fehlt das in psychoakustischer Literatur oft zur Selbständigkeit aufgeweitete Gebiet der Statistik, wenn man von kurzen Hinweisen auf Mittelungsverfahren absieht. Der Text konzentriert sich auf die Darstellung der Effekte, ihrer experimentellen Erfassung und ihrer Beschreibung durch Daten und Funktionsmodelle. Diese Beschränkungen führen zu einem Text, der durch Kürze und Klarheit bei sorgfältigem Lesen leichten Zugang zu einem komplexen Thema verschafft. Horst Wollherr

**Optoelektronik in der Technik. Optoelectronics in Engineering.** Vorträge des 5. Internationalen Kongresses Laser 81. Deutsch-Englisch. Hrsg. Wilhelm Waidelich. XXII, 580 Seiten, zahlreiche Bilder und Tabellen, Format 24 cm x 16,5 cm, geheftet, Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York 1982, Preis 88,- DM bzw. 39.10 US\$, ISBN 3-540-10969-2.

Die Fachreferate sind in folgenden Kapiteln zusammengefaßt: Lasersysteme, Lasertechnisches Messen und Prüfen, Laser in der Materialbearbeitung, Laser in der Umweltmeßtechnik, Laser und Optoelektronik in der Weltraumtechnik, Optoelektronische Komponenten, Optoelektronische Signalübertragung, Optoelektronische Bildaufnahme, Optoelektronische Bild- und Datenaufzeichnung, Optoelektronische Bildverarbeitung, Optoelektronische Solartechnik.

Der Titel des Bandes charakterisiert also nur den zweiten Teil, während der erste Teil der Grundlagenforschung und der meßtechnischen Anwendung von Lasersystemen gewidmet ist. Das tut aber der durchweg hohen Qualität der einzelnen Fachbeiträge keinen Abbruch. Eberhard Stark

**Physik der Geige.** Von Lothar Cremer. 368 Seiten, 167 Bilder, Format 24 cm x 16,5 cm, Kunststoffeinband, S. Hirzel Verlag, Stuttgart 1981, Preis 118,- DM, ISBN 3-7776-0372-4.

Die vorliegende Monographie über die Physik der Geige stellt ein bemerkenswertes Bindeglied zwischen Kunst und Technik dar. Mit der von ihm gewohnten Systematik trägt der Autor eigene physikalisch-theoretische Betrachtungen, von ihm selbst angeregte experimentelle Untersuchungen und Ergebnisse der Arbeiten anderer Autoren zusammen und bringt sie in Verbindung mit den beim Spielen auftretenden Eigenschaften der Geige.

Zwar liegt die Motivation der Arbeit sicher in der Liebe des Amateurspielers zu seinem Instrument, Hauptgegenstand ist aber die physikalische Seite des Problems. Man kann die Geige geradezu als Beispiel eines beliebigen Objektes mit wesentlichen akustischen Eigenschaften ansehen. Es ist deshalb besonders eindrucksvoll, zu sehen, wie eng die Probleme aus der musikalischen Akustik und – zum Beispiel – der Maschinenakustik miteinander verwandt sind. So haben nicht nur der musikliebende Physiker oder der physikalisch interessierte Musiker Nutzen von den Ausführungen, auch der didaktische Wert hinsichtlich der Behandlung komplexer akustischer Systeme ist nicht zu unterschätzen.

Sollte ein Musiker sich der Mühe unterziehen, zu diesem Werk Zugang zu suchen, wird er möglicherweise nach der Aufdeckung der Geheimnisse der alten Meistergeigen suchen. Er wird kaum eine ihn befriedigende Antwort finden, denn bei den physikalischen Betrachtungen wurden alle Bereiche, die umstrittene geschmackliche Bewertungen betreffen, ausgeklammert. Dennoch könnte er, wie auch der moderne Geigenbauer, vom Einblick in die physikalischen Zusammenhänge in dem selben Sinne profitieren wie ein Mensch, der beim Sprechen kaum an grammatische Zusammenhänge denkt und dennoch durch die Kenntnis der Grammatik in seinen Ausdrucksmöglichkeiten bestärkt wird. Horst Wollherr

**Von der einfachen Logikschaltung zum Mikrorechner.** Von Joachim Matschke. 240 Seiten, 200 Bilder, 87 Tabellen, Format 24 cm x 17 cm, kartoniert, Kunststoffeinband, Dr. Alfred Hüthig Verlag, Heidelberg 1982, Preis 32,80 DM, ISBN 3-7785-0742-7.

In modernen Anlagen zur digitalen Nachrichtenverarbeitung nehmen Mikroprozessoren und komplexe Logiksysteme einen immer größeren Platz ein. Wer sich in diese Thematik einarbeiten möchte, kommt nicht umhin, sich zunächst mit elementaren digitalen Schaltungen zu befassen und darauf aufbauend weiter in die Materie einzudringen.

Diesen Weg geht auch das vorliegende Buch. In drei Kapiteln werden, ausgehend von den Grundlagen der Informationsverarbeitung, einfache Logikschaltungen wie Gatter, Flipflops, Zähler und Speicher beschrieben. Darauf aufbauend werden Beispiele von höher entwickelten Logiksystemen vorgestellt bis hin zu einem hypothetischen Mikroprozessor.

Der Stoff ist leicht faßlich dargestellt und wird durch die vielen Beispiele und Merksätze noch zusätzlich vertieft. Um einem möglichst großen Leserkreis ein schnelles Eindringen in die Thematik zu ermöglichen, werden nur geringe Kenntnisse in Mathematik und Elektronik vorausgesetzt. Deshalb werden auch nur die Grundzüge der Booleschen Algebra behandelt; mathematische Verfahren zur Analyse und Synthese von Schaltnetzen und Schaltwerken fehlen völlig. Trotzdem ist das Werk den Lesern zu empfehlen, die sich schnell und ohne große Kenntnisse in das Gebiet der Digitaltechnik bis hin zum Mikroprozessor einarbeiten möchten. Jürgen Missun

## NACHRICHTEN

RUNDFUNKVERSORGUNG  
IN DER BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND  
UND IN BERLIN (WEST)

## Ultrakurzwellsender

## Inbetriebnahmen

Vom Bayerischen Rundfunk wurden folgende Ultrakurzwellsender in Betrieb genommen:

Station	Programm	Kanal	Frequenz MHz	Leistung ERP kW	Pol.	Azimuth Grad	Tag der Inbetriebnahme
Grünten/Allgäu	4	52	102,5	10	H	ND	7. 7. 82
Hohenpeißenberg	4	56	103,7	5	H	ND	18. 6. 82

## Fernsehsender

## Inbetriebnahmen

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

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

## Bayerischer Rundfunk

Trausnitz	5	7M	2,5	HH	40; 310	11. 5. 82
-----------	---	----	-----	----	---------	-----------

## Hessischer Rundfunk

Branden- oberndorf	32	6P	8	V	37	11. 6. 82
-----------------------	----	----	---	---	----	-----------

## Süddeutscher Rundfunk

Buchen- Hettigen- beuern	12	6P	2	H	200	7. 6. 82
Ober- kessach	12	6P	2	H	258	3. 6. 82

## Außerbetriebnahmen

## Norddeutscher Rundfunk

Der NDR hat seinen Füllsender „Wilhelmshaven“, Kanal 45, am 1. 5. 1982 außer Betrieb genommen.

## Hessischer Rundfunk

Der HR hat seinen Füllsender „Ronshausen“, Kanal 12, im Juni 1982 außer Betrieb genommen.

## 25 Jahre IRT – Tag der offenen Tür

Aus Anlaß seines 25jährigen Bestehens veranstaltete das Institut für Rundfunktechnik (IRT) in München am 1. Juli 1982 einen Tag der offenen Tür. Etwa 700 Besucher – in der Hauptsache Münchner Mitarbeiter des Bayerischen Rundfunks und des ZDF, Journalisten, Studenten und Angehörige von IRT-Mitarbeitern – hatten Gelegenheit, einen Einblick in die laufenden Arbeiten des IRT zu erhalten. Die Veranstaltung stand unter dem Motto „Technik für Nichttechniker“, wobei an insgesamt 25 Stationen Vorführungen angeboten wurden. Besonders beliebt waren die Demonstrationen zu den Themen



„Kopfbezogene Stereophonie“ (Kunstkopf), „3D-Fernsehen“ und „Empfangsmessungen mit Meßfahrzeugen“.

Das IRT wurde 1956 als die zentrale Entwicklungs- und Forschungsstelle der Rundfunkanstalten in der Bundesrepublik Deutschland gegründet und nahm in seinen damaligen Niederlassungen Hamburg und Nürnberg ab Januar 1957 die Arbeit auf. 1959 kam die Nürnberger Niederlassung und 1976 die Hamburger Niederlassung nach München. Seit dieser Zusammenführung in München ist das IRT in die drei Fachbereiche Studiotechnik Hörfunk, Studiotechnik Fernsehen und Rundfunkversorgung/Sendertechnik gegliedert. Hinzu kommen Zentrale technische Funktionen und die Verwaltung. Derzeit beschäftigt das IRT etwa 180 Mitarbeiter. Das IRT wird finanziert durch Zuschüsse der Rundfunkanstalten der ARD und des ZDF, die das Institut gemeinsam tragen.

## Reinhold Vöth wieder ARD-Vorsitzender

Nachdem Ende Juni in Baden-Baden der Bayerische Rundfunk erneut zur geschäftsführenden Anstalt der ARD gewählt wurde, übernimmt der Intendant des Bayerischen Rundfunks, Reinhold Vöth, zum vierten Mal den Vorsitz der ARD.

## Albert Scharf neuer Präsident der UER

Albert Scharf, Stellvertreter des Intendanten und Justitiar des Bayerischen Rundfunks, wurde auf der 33. Generalversammlung der UER in Killarney, Irland, zum Präsidenten der Union der Europäischen Rundfunkorganisationen (UER) gewählt. Die UER wurde 1950 von Rundfunkanstalten aus 11 europäischen Ländern gegründet. Inzwischen gehören ihr Rundfunkanstalten aus mehr als 30 Ländern an, zu denen auch über Europa hinaus Länder des Nahen Ostens und Nordafrikas zählen. Die ARD ist seit 1954, das ZDF seit 1963 Mitglied. Scharf ist der erste deutsche Präsident der UER; seit 1973 war er Vorsitzender ihrer Juristischen Kommission.

### **TV-SAT-Vertrag unterzeichnet**

Im Juli 1982 hat die Eurosatellite GmbH, München, mit der französischen Raumfahrtbehörde Centre National d'Etudes Spatiales (CNES), dem französischen Fernsehen Télédiffusion de France (TDF) und dem deutschen Bundesministerium für Forschung und Technologie (BMFT) den Hauptvertrag für die Herstellung der beiden Fernsehdirektsatelliten TV-SAT und TDF-1 abgeschlossen und unterzeichnet. Die vertraglichen Auslieferungsdaten sind: TV-SAT im Februar 1985, TDF-1 im April 1985. Unmittelbar anschließend sollen die Starts mit der europäischen Trägerrakete Ariane 2 von Kourou, Franz.-Guayana, aus erfolgen.

Beide Satelliten sind vorgesehen für die gleichzeitige Übertragung von jeweils 3 Fernsehprogrammen; jeder Satellit besitzt außerdem 2 Ersatzkanäle. Der Satellit kann mit geringen Modifikationen auch für andere Missionen und Nutzlasten verwendet werden.

Die im deutsch-französischen TV-SAT/TDF-1-Projekt erarbeitete Raumfahrttechnologie ist zukunftsweisend. Mit ihrer Hilfe wird es ab 1985 für jedermann möglich sein, zuhause mit nur 90 cm großen Empfangsantennen Fernsehprogramme direkt vom Satelliten zu empfangen. Die äußerst leistungsstarken Satelliten werden die Empfangsbedingungen gegenüber den heutigen erheblich verbessern. Insbesondere wird dann die Einführung bester Stereotonqualität erfolgen. Die Kosten für Ankauf, Start und Betrieb der Satelliten, die jeweils eine 7jährige Lebensdauer haben, werden erheblich geringer sein als diejenigen für vergleichbare bodengebundene Sender.

Nach einer Eurosatellite-Preseinformation

### **Seminar für digitale Videotechnik**

Das Institut für Nachrichtentechnik der Technischen Universität Braunschweig veranstaltet vom 27. September bis 1. Oktober 1982 ein Seminar für digitale Videotechnik. Die Veranstaltung folgt einer Anregung von Mitarbeitern der deutschen Rundfunkanstalten und ist zunächst auf etwa 80 Teilnehmer aus den technischen Abteilungen von ARD, ZDF sowie einigen Rundfunkan-

stalten des deutschsprachigen Auslands beschränkt. In der Form eines Lehrgangs sollen diesen Technikern und Ingenieuren Kenntnisse über die Grundlagen und die Gerätetechnik der digitalen Videosignalverarbeitung vermittelt werden. Besondere Aufmerksamkeit wird auch den charakteristischen Effekten bei der meßtechnischen und visuellen Beurteilung eines digital verarbeiteten Farbfernsehbildes gewidmet. Dazu sind 20 praxisnahe – vielfach experimentell unterstützte – Vorträge mit ausführlichen Diskussionen sowie im Rahmen einer Institutsbesichtigung zahlreiche Präsentationen aus der Hochschulforschung zur digitalen Videotechnik vorgesehen.

Die geplante Veranstaltung dient somit der Weiterbildung einer speziellen Gruppe von bereits in der Praxis tätigen Ingenieuren, die durch Lehrkräfte eines Hochschul Instituts sowie durch Experten der Industrie an Grundlagen und Praxis einer neuen Technik herangeführt werden sollen, welche zukünftig Eingang in die Betriebspraxis finden wird. Alle Hochschulgesetze der Länder bezeichnen es als eine wichtige Zusatzaufgabe der Technischen Universitäten, neben der Ausbildung des ingenieurwissenschaftlichen Nachwuchses zukünftig in verstärktem Maße auch Fortbildungsveranstaltungen durchzuführen. Das Seminar für digitale Videotechnik dient diesem Zweck. Die Seminarleitung liegt in den Händen von Prof. Dr.-Ing. H. Schönfelder und Dr.-Ing. U. Reimers.

### **Satelliten-Erdefunkstelle „Usingen 2“ für die Deutsche Bundespost**

Auf dem Gelände der Überseesendefunkstelle in Usingen bei Frankfurt/Main läßt die Deutsche Bundespost eine zweite Antennenanlage für Satellitenfunk bauen. Die Station hat einen Antennendurchmesser von 19 m und wird den Frequenzbereich 11/14 GHz für internationale Satellitenverbindungen benutzen. In der ersten Ausbaustufe wird die neue Station, die im Jahre 1983 in Betrieb gehen soll, mit der bereits vorhandenen Anlage „Usingen 1“ zusammengeschaltet werden und Nachrichtenverbindungen über Intelsat V übernehmen.

Nach einer AEG-Telefunken-Preseinformation

## PERSÖNLICHES

**Heimdal Segger verläßt Radio Bremen**

Der Verwaltungsdirektor und Justitiar von Radio Bremen, Dr. jur. Heimdal Segger, muß seine Tätigkeit für den Sender aus dringenden gesundheitlichen Gründen aufgeben; er scheidet zum 31. August vorzeitig aus den Diensten der Anstalt aus. Heimdal Segger ist seit zwei Jahren Mitglied des Direktoriums, das die Rundfunkanstalt kollegial leitet. Insgesamt ist er mehr als 30 Jahre bei Radio Bremen.

Am 16. April 1926 in Bremen geboren, hat Heimdal Segger in Hamburg und Erlangen Rechts- und Wirtschaftswissenschaften studiert und 1948 sein erstes juristisches Staatsexamen abgelegt. Anschließend kam er als Referendar wieder in die Hansestadt und machte hier Ende 1951 seine zweite Staatsprüfung. Mit Beginn des Jahres 1952 wurde Segger Justitiar von Radio Bremen. Diese Aufgabe hat er bis heute beibehalten. Im gleichen Jahr promovierte er. Gut zehn Jahre später wurde er mit der Stellvertretung des Verwaltungsdirektors betraut, und zum 1. Januar 1970 übernahm er die Verwaltungsdirektion. In dieser Funktion wurde er Ende 1979 vom Rundfunkrat in das Direktorium gewählt.

Heimdal Segger hat nicht nur bei Radio Bremen verschiedene neben- und ehrenamtliche Tätigkeiten übernommen, sondern er ist auch innerhalb der ARD für die Interessen des kleinsten bundesdeutschen Senders eingetreten. So gehört er der Juristischen Kommission und der Finanzkommission der ARD an und ist u. a. Vorsitzender der Arbeitsgruppe Honorare und Lizenzen, Mitglied des Verwaltungsrates der GEZ (Gebühreneinzugszentrale) und der Gesellschafterversammlung der DEGETO (Filmeinkaufsgesellschaft der ARD-Rundfunkanstalten). Neben der eMTV-Konferenz, die den für die

Mehrzahl der Anstalten geltenden einheitlichen Mantelvertrag ausgearbeitet hat und ihn weiterentwickelt, gehört Segger der Tarifkonferenz ARD/ZDF an; in den Tarifausschüssen von Radio Bremen hat er ebenso seit Jahrzehnten mitgewirkt wie im Vorstand der Versorgungskasse Radio Bremen, dessen Vorsitzender er seit 1954 ist.

Nach einer RB-Pressinformation

**Abschied von Johannes Peters**

Oberingenieur Dr.-Ing. E. h. Johannes Peters verstarb nach schwerer Krankheit am 13. Juni 1982 im Alter von 70 Jahren.

Johannes Peters war nach dem Krieg bis zum Jahre 1956 an leitender Stelle in der Zentraltechnik des Nordwestdeutschen Rundfunks in Hamburg tätig, zuletzt dort als Leiter der Hauptabteilung Forschung. Peters, geboren am 19. Juli 1911, schrieb neben zahlreichen Veröffentlichungen auf dem Gebiet der Übertragungstheorie auch die beiden Bücher „Einschwingvorgänge, Gegenkopplung, Stabilität – Theoretische Grundlagen und Anwendungen“ und „Einführung in die allgemeine Informationstheorie“. Die Phasenvorentzerrung bei Fernsehsendungen nach der Gerber-Norm für normgerechte Nyquistflanke zur Verbesserung der Fernsehbilder Mitte der 50er Jahre geht auf Anstöße von ihm zurück.

Johannes Peters verließ 1956 den Nordwestdeutschen Rundfunk (NWDR) und arbeitete in leitender Stellung bei der Firma Messerschmidt-Bölkow-Blohm. Die damalige Technische Hochschule Hannover (jetzt Universität Hannover) ehrte ihn Mitte der 60er Jahre in Anerkennung seiner Verdienste um die Wissenschaft mit dem Dr.-Ing. E. h.

Wolfgang Händler

Herausgeber: Institut für Rundfunktechnik GmbH, München.

ISSN 0035-9890

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

Redaktion: Dipl.-Ing. (FH) R. Hengstler, Ing. (grad.) H. Mücke, Floriansmühlstraße 60, 8000 München 45, Ruf (089) 38 59 383, Fernschreiber 5/215 605 irtm d.

Redaktioneller Beirat: Dipl.-Ing. H. Eden, Dr. N. Mayer, Prof. Dr. G. Plenge, Floriansmühlstr. 60, 8000 München 45.

Verlag: Mensing GmbH + Co KG, Schützenwall 9–11, 2000 Norderstedt. Es erscheinen jährlich 6 Hefte mit einem Gesamtumfang von etwa 300 Seiten. Bezugspreis: Jahresabonnement 105,— 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 30. 8. 1982. Einzelpreis dieses Heftes 27,80 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. 13.

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