RUNDFUNK-TECHNISCHE MITTEILUNGEN

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

INSTITUT FÜR
RUNDFUNKTECHNIK GMBH

AUS DEM INHALT:

Horst Hessenmüller

Zur Frage des Tiefpaßfilters bei digitaler Tonsignalübertragung

Rolf Thiele und Hans-Peter Schultheis

Versorgungsgrenzen beim Satellitenrundfunk durch Abschattung

Ernst-Jürgen Mielke

Einfluß der Betriebsselektion auf die Übertragungsqualität im UKW-FM-Hörrundfunk

Georg Plenge u. a.

Raum- und bauakustische Anforderungen an Studio- und Regieräume des Hörfunks aus heutiger Sicht

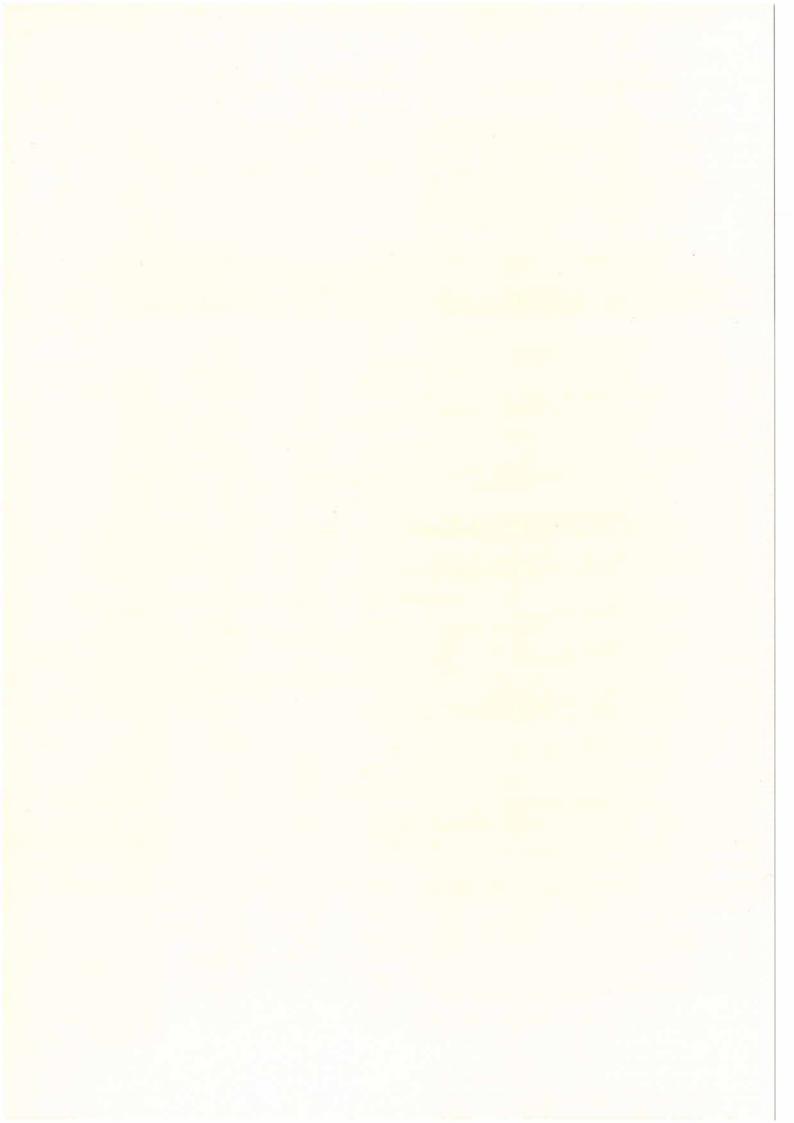
Gerhard Möll

Ausstellung der National Association of Broadcasters (NAB-Convention)

Gerhard Möll

Elektronische Textkommunikation Technik – Anwendungen – Wirtschaftliche Aspekte

Ankündigung von Veranstaltungen – Buchbesprechungen – Nachrichten – Persönliches



RUNDFUNKTECHNISCHE MITTEILUNGEN

JAHRGANG 22 1978 Heft 5

INHALTSVERZEICHNIS:

Zur Frage des Tiefpaßfilters bei digitaler Tonsignalübertragung	Ausstellung der National Association of Broadcasters (NAB- Convention)
'ersorgungsgrenzen beim Satellitenrundfunk durch Abschat- tung	Elektronische Textkommunikation — Technik — Anwendungen — Wirtschaftliche Aspekte
sinfluß der Betriebsselektion auf die Übertragungsqualität im UKW-FM-Hörrundfunk	Ankündigung von Veranstaltungen
taum- und bauakustische Anforderungen an Studio- und Regieräume des Hörfunks aus heutiger Sicht	Nachrichten

ZUR FRAGE DES TIEFPASSFILTERS BEI DIGITALER TONSIGNALÜBERTRAGUNG

VON HORST HESSENMÜLLER¹

Manuskript eingegangen am 21. Juli 1978

Digitale Tonübertragung

Zusammenfassung

Bei der digitalen Verarbeitung von Tonsignalen sind, sowohl für übertragungstechnische Zwecke als auch im Tonstudiobetrieb, sende- und empfangsseitig Tiefpaßfilter notwendig, an die hinsichtlich des Dämpfungsverhaltens im Durchlaß- und im Sperrbereich bestimmte Anforderungen zu stellen sind. Während für den Dämpfungsverlauf im Durchlaßbereich Empfehlungen des CCIR maßgebend sind, spielen für die Sperrdämpfung die Vorgänge bei der Abtastung des Analogsignals die entscheidende Rolle. Die erforderliche Sperrdämpfung liegt bei 50 dB

Summary On the question of the low-pass filter in the digital transmission of sound signals

The digital processing of audio signals, for the purposes of transmission as well as in sound studios, requires low-pass filters both at the transmitting and at the receiving ends, and the attenuation of those filters both within and outside the pass-band must meet certain requirements. For the attenuation characteristic within the pass-band, C.C.I.R. Recommendations apply, whereas for the attenuation outside the pass-band, the processes adopted for sampling the analogue signal play a decisive role. The required attenuation outside the pass-band is around 50 dB.

Sommaire Filtres passe-bas utilisés dans les transmissions audio numériques

Le traitement numérique des signaux audio dans les centres de production et sur les voies de transmission exige le présence de filtres passe-bas à l'entrée et à la sortie. Les caractéristiques d'affaiblissement de ces filtres, dans la bande et hors bande, exigent le respect de certaines contraintes. Dans le premier cas, on peut utiliser les avis du C.C.I.R. tandis que les caractéristiques hors bande sont surtout régies par la procédure adoptée pour échantillonner le signal analogique. L'affaiblissement hors bande doit être de l'ordre de 50 dB.

1. Einleitung

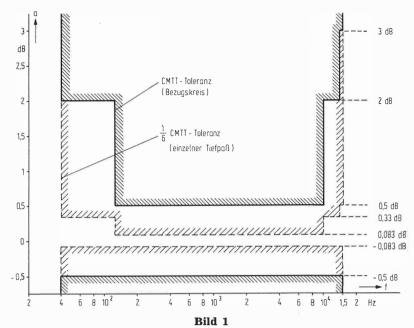
Bei verschiedenen nationalen Fernmelde- und Rundfunkverwaltungen wird derzeit über eine digitale Übertragung von Tonsignalen nachgedacht. Dies hat seinen Grund in der Ausbreitung der Digitaltechnik in den postalischen Nachrichtennetzen, aber auch in einer möglichen Digitalisierung der Tonstudiotechnik.

Bekanntlich geht die Umwandlung eines Analogsignals in ein Digitalsignal in drei Schritten vor sich. Zunächst werden der analogen Nachrichtenfunktion in gleichen, hinreichend kleinen Zeitabständen Proben entnommen, in denen diese völlig eindeutig enthalten ist (zeitliche Quantisierung = Abtastung). Als zweiter Schritt folgt die Amplitudenquantisierung,

wobei die einzelnen Abtastproben an einem Maßstab mit s Rasterstufen gemessen werden. Die Rasterstufen stellen Intervalle dar, denen in einem dritten Schritt nach der Beziehung s = 2^n (binäre Codierung vorausgesetzt) ein aus n Codeelementen bestehendes Codewort zugeordnet wird. Bezüglich der zu wählenden Abtastfrequenz f_0 hat man sich für Übertragungszwecke in den internationalen Gremien auf 4×8 kHz = 32 kHz geeinigt. Nach dem Shannonschen Abtasttheorem $f_0 \ge 2$ f_2 kann damit theoretisch ein Basisband mit einer oberen Grenzfrequenz f_2 verarbeitet werden. Für Quantisierung und Codierung existieren verschiedene, teilweise bereits erprobte Vorschläge [1 bis 5].

Unabhängig vom Codierverfahren werden in jedem Falle sende- und empfangsseitige Tiefpaßfilter benötigt, über deren Charakteristiken bis auf die Dämpfungstoleranzen im Durchlaßbereich bisher noch nichts gesagt wurde. Die nachfolgenden Ausfüh-

Dipl.-Ing. Horst Hessenmüller ist Wissenschaftlicher Mitarbeiter im Forschungsinstitut der Deutschen Bundespost beim Fernmeldetechnischen Zentralamt (FTZ), Darmstadt.



Toleranzschema der Durchlaßdämpfung

rungen sollen dieses Problem etwas näher beleuchten. Dies erscheint um so notwendiger, als entsprechende Untersuchungen bei der Konzipierung des Fernsprechsystems PCM 30 versäumt wurden.

2. Dämpfungsverlauf im Durchlaßbereich

Für das Dämpfungsverhalten der Tiefpaßfilter im Durchlaßbereich ist die CCIR-Empfehlung 505 maßgebend. Als Signalbandbreite sind dort 40 Hz bis 15 kHz vorgesehen. Wenn man davon ausgeht, daß jedes digitale Übertragungssystem einen sende- und einen empfangsseitigen Tiefpaß enthält und daß bis zu drei Systeme in Reihe geschaltet vorstellbar sind, so müssen die Dämpfungstoleranzen des einzelnen Filters dem sechsten Teil der Toleranzen des internationalen Bezugskreises der CCIR-Empfehlung 505 entsprechen (Bild 1).

3. Sperrdämpfung des Sendefilters

Bei der Abtastung eines Analogsignals entsteht eine pulsamplitudenmodulierte Schwingung. Nach [6] enthält das Spektrum folgende Frequenzanteile: f_m , $f_0 \pm f_m$, $2 f_0 \pm f_m$ usw. Dabei ist f_0 die Abtastfrequenz, f_m die Modulierfrequenz. Aus dem Vorstehenden ergibt sich, daß vor der Abtastung die obere Frequenzgrenze f_2 des Basisbandes kleiner als $f_0/2$ sein muß, weil sonst auf der Empfangsseite der Spektralanteil $f_0-f_m < f_2$ ist und somit ins Basisband fällt. Bei hochwertiger Tonsignalübertragung ist $f_2=15$ kHz (CCIR-Empfehlung 505) und $f_0/2=16$ kHz. Für den bei der Analog-Digital- und Digital-Analog-Wandlung üblicherweise verwendeten treppenförmigen amplitudenmodulierten Puls der Dauer $T_0=1/f_0$ gilt für die Amplitudenverteilung des Spektrums

$$a_n = \frac{\sin\left(\pi - \frac{n \cdot f_0 \pm f_m}{f_0}\right)}{2\pi - \frac{n \cdot f_0 \pm f_m}{f_0}} .$$

n ist der Grad der Harmonischen der Abtastfrequenz. **Bild 2** zeigt dieses Spektrum. Man erkennt, daß bei einer Modulierfrequenz f_m , die nur wenig kleiner als $f_0/2$ ist, die Amplitude der auftretenden Komponente f_0-f_m nahezu gleich der Amplitude der Basisbandkomponente mit der Frequenz f_m ist. Die notwendige Sperrdämpfung muß deshalb im Frequenzbereich von der oberen Bandgrenze f_2 bis f_0-f_2 ihren vollen Wert erreichen.

Die durch die Pulsamplitudenmodulation entstehenden Spektralanteile $\rm f_0-f_m$, die bei Nichtanwendung eines sendeseitigen Tiefpasses auf der Empfangsseite entstehen, werden auch "Spiegelungsverzerrungen" genannt und können in ihrer Wirkung erfahrungsgemäß wie harmonische Verzerrungen betrachtet werden. Nach der CCIR-Empfehlung 505 dürfen die gesamten harmonischen Verzerrungen für den aus 3 Modulationsabschnitten bestehenden Bezugskreis im Frequenzbereich oberhalb 125 Hz nicht größer als 0,5 % sein. Das enspricht einer Klirrdämpfung von 46 dB. Pro Modulationsabschnitt erhält man 51 dB Klirrdämpfung. Läßt man für die Spiegelungsverzerrungen 1/10 der gesamten zulässigen Verzerrungsleistung zu, so ist der Abstand der Spiegelungs-

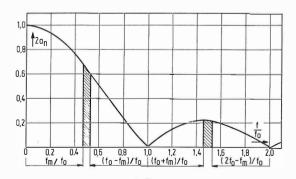


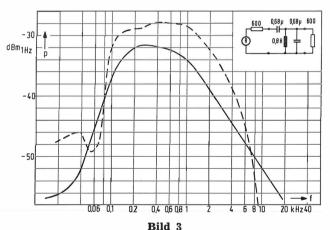
Bild 2
Lineares Spektrum des treppenförmigen amplitudenmodulierten
Pulses

 $\mathbf{f}_{_{\mathbf{O}}}$ Abtastfrequenz, $\mathbf{f}_{_{\mathbf{m}}}$ Modulierfrequenz

verzerrungsleistung zur Nutzsignalleistung mit etwa 61 dB anzusetzen. Die entstehende Spiegelungsverzerrungsleistung ist von der spektralen Leistungsverteilung des Sendesignals abhängig.

3.1. Spektrale Leistungsverteilung von Tonsignalen

Die spektrale Leistungsverteilung von verschiedenen Programmsignalen ist unterschiedlich. Die CMTT empfiehlt deshalb für die Simulation ein Testsignal, das durch die Bewertung von weißem Rauschen mit dem Frequenzgang eines vorgeschriebenen Filters entsteht [7]. Die Belastung eines Tonkanals am Punkt des relativen Pegels 0 dBr soll nach dem gleichen Report 1 mW an 600Ω betragen. An diesem Punkt ist der maximale Leistungspegel eines Sinustones +9 dBm (8 mW), der Spitzenleistungspegel demzufolge + 12 dBm (16 mW). Da es sich bei dem Testsignal um Rauschen mit Gausscher Amplitudenverteilung handelt, kann aus der bekannten Kurve für die Überschreitungswahrscheinlichkeit für einen Spitzenfaktor von $|U|/U_{eff} = 4$ eine Überschreitungswahrscheinlichkeit von 0,0063 % abgelesen werden. Dieser Wert deckt sich recht gut mit den in [8] dargestellten Messungen an tatsächlichem Programmaterial sowie mit den Überlegungen in [9].



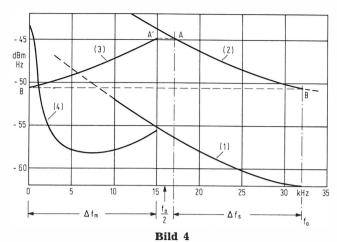
Mittlere Leistungspegeldichte des Programmersatzsignals nach CMTT-Report 497; P_S = 1 mW

––– Meßwerte für Jazz nach CMTT-Report 491 (Meßzeit 1 min)

Bild 3 zeigt die spektrale Leistungsdichte des empfohlenen Programmersatzsignals für 1 mW Sendeleistung. In [10] ist u. a. die spektrale Leistungsdichte für verschiedene Programmarten, so Sprache, klassische und moderne Musik, Opernmusik und Jazz als Ergebnis von Messungen dargestellt. Ein Vergleich der Kurve für das Programmersatzsignal mit den Messungen für Jazzmusik zeigt die Zulässigkeit der folgenden Überlegungen.

3.2. Ermittlung der Spiegelungsverzerrungsleistung

In Abhängigkeit von der Abtastfrequenz f_0 und dem Übertragungsband wird zunächst der für die Spiegelung in Frage kommende Frequenzbereich $\varDelta f_8$ festgestellt: 17 kHz bis 32 kHz. Für diesen Bereich wird die spektrale Leistungsdichte des Programmersatzsignals gezeichnet (**Bild 4**, Kurve 1). Entsprechend dem Frequenzgang des in jedem Falle zu verwendenden Preemphasisnetzwerkes (CCITT-Empfehlung J. 17) entsteht Kurve 2. Diese wird, wie in **Bild 4**



Spiegelungsverzerrungen bei der Abtastung von Tonsignalen ohne sendeseitigen Tiefpaß

 $\Delta f_{m} = 15 \text{ kHz}$; $f_{0} = 32 \text{ kHz}$; Spiegelungsbereich Δf_{s} 17 kHz bis 32 kHz

- (1) Programmersatzsignal (CMTT-Report 497-1); $P_s = 1 \text{ mW}$
- (2) Kurve (1) mit Preemphase (CCITT-Empfehlung J. 17)
- (3) Gespiegeltes Spektrum, abgeleitet von (2)
- (4) Spektrum (3) mit dem Frequenzgang der Deemphase nach CCITT-Empfehlung J. 17 beaufschlagt

durch Verschieben der Punkte A nach A' und B nach B' dargestellt, an der Frequenz $f_{\rm o}/2$ "gespiegelt". Man erhält Kurve 3. Da auf der Empfangsseite zur Minderung des Einflusses der Quantisierungsverzerrung eine zur sendeseitigen Preemphase inverse Deemphase verwendet wird, ist Kurve 3 mit deren Frequenzgang zu überlagern. Es entsteht Kurve 4. Trägt man Kurve 4 als absolute Leistungsdichte in W/Hz auf, so ist auf grafischem Wege oder durch irgendein Näherungsverfahren die Ermittlung der störenden Verzerrungsleistung $P_{\rm S}$ möglich, aus der man dann den Störleistungspegel $p_{\rm S}$ errechnen kann. Für $f_{\rm o}=32~{\rm kHz}$ und $\varDelta f_{\rm m}=15~{\rm kHz}$ erhält man 0,054 mW entsprechend $p_{\rm S}=-12,7~{\rm dBm}.$

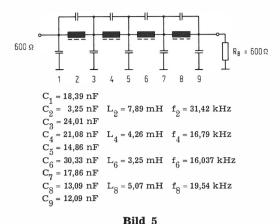
3.3. Sperrdämpfung des Bandbegrenzungstiefpasses

Unter 3. waren 61 dB für den Abstand der Signalleistung P von der Spiegelungsverzerrungsleistung $P_{\rm S}$ ermittelt worden. Da der Störabstand ohne Tiefpaß bereits 12,7 dB beträgt, sind für diesen nur $a_{\rm S}/dB=61-12,7=48,3,$ also rund 50 dB vorzusehen. Diesen Wert und die unter 2. geforderten Werte für die Dämpfung im Durchlaßbereich erreicht man nach [11] mit einem Cauertiefpaß des Grades 9, dessen genaue Daten für 600 Ω Abschlußwiderstand aus Bild 5 ersichtlich sind.

Obwohl die vorstehenden Überlegungen sich auf digitale Tonsignalübertragungssysteme beziehen, bei denen sehr wahrscheinlich Pre- und Deemphasisnetzwerke Verwendung finden, haben sie auch für den Studiobereich Gültigkeit, wo die Anwendung derartiger Netzwerke nicht erwünscht ist. Man kann sich nämlich leicht überlegen, daß der Einfluß des sendeseitigen Preemphasisnetzwerkes bezüglich der Spiegelungsverzerrungsleistung durch das empfangsseitige Deemphasisnetzwerk in etwa kompensiert wird.

4. Sperrdämpfung des Empfangsfilters

Bei der empfangsseitigen Digital-Analogwandlung entsteht üblicherweise ein treppenförmiger pulsam-



Cauertiefpaß C 0915 des Grades 9

Durchlaßgrenze 15 kHz; Sperrgrenze 15,96 kHz Durchgangsdämpfung \pm 0,04 dB; Sperrdämpfung 51 dB

plitudenmodulierter Signalverlauf mit einem Spektrum nach Bild 2. Der Abfall der hohen Frequenzen im Basisband muß durch einen entsprechenden Entzerrer ausgeglichen werden. Besteht die weitere Signalverarbeitung lediglich aus Verstärkung und anschließender akustischer Wiedergabe, so könnte auf einen Empfangstiefpaß verzichtet werden. Probleme bringt jedoch die mögliche Aufzeichnung auf magnetische Tonträger mit sich. Ohne Tiefpaß käme es nämlich zu hörbaren Interferenzen der Vormagnetisierungsfrequenz (etwa 85 kHz) mit den Spektralanteilen höherer Ordnung der "Treppenspannung". Für eine bestimmte Signalspannung der Frequenz f_m kann man bezüglich dieser Anteile einen speziellen Klirrfaktor definieren:

$$k_s = \frac{\sqrt{-a^2_{fo+fm} + a^2_{fo-fm} + a^2_{2fo+fm} + a^2_{2fo-fm} + \dots}}{\sqrt{a^2_{fm} + a^2_{fo+fm} + a^2_{fo-fm} + a^2_{2fo-fm} + \dots}}$$

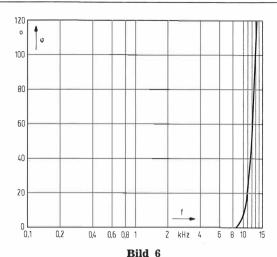
 $a_{nf0\pm fm}$ sind normierte Amplituden bei den entsprechenden Frequenzen. Rechnet man beispielsweise für die obere Grenzfrequenz von 15 kHz diese Amplitudenwerte aus, so erhält man

$$k_s = 57,5^{0}/_{0}$$

Dies entspricht einer Klirrdämpfung von $a_{ks}=4,8~dB$. Die Erfahrung lehrt, daß Signalspannungen mit Frequenzen $\geq 20~kHz$ durch Interferenz mit der Vormagnetisierungsspannung im Hörbereich Störspannungen erzeugen, die gegenüber diesen Spannungswerten um mehr als 20 dB gedämpft sind. Man kommt deshalb ohne empfangsseitigen Bandbegrenzungstiefpaß zu einem Störabstand von etwa 25 dB. Setzt man aus Gründen der Schaltungsvereinfachung den in Bild 5 dargestellten Tiefpaß ein, so kommt man zu einem auf den momentanen Signalpegel bezogenen Störabstand von 76 dB, einem sicherlich ausreichenden Wert.

5. Zur Gruppenlaufzeitverzerrung der Tiefpaßfilter

Der relativ steile Dämpfungsanstieg der zu verwendenden Tiefpaßfilter nach der oberen Grenzfrequenz bedingt eine frequenzabhängige Änderung der Gruppenlaufzeit ab etwa 10 kHz. Damit verbunden ist eine nichtlineare Phasendrehung φ (Bild 6). Die nach [12] kritische Phasenwinkeländerung wird erst bei 11,5 kHz erreicht. Wenngleich vermutet werden



Phasengang des Filters C 0915 infolge Gruppenlaufzeitverzerrung

kann, daß die Phasenverzerrungen zwischen 11,5 und 15 kHz nicht hörbar sein werden, sollten doch derzeit zu dieser Frage beim Institut für Rundfunktechnik angestellte Untersuchungen abgewartet werden.

6. Schlußbemerkung

Die vorstehenden Untersuchungen beziehen sich auf die digitale Tonsignalübertragung mit 15 kHz Bandbreite in postalischen Fernmeldenetzen. Mit geringer Variation der Randbedingungen gelten sie aber auch für die digitale Tonstudiotechnik mit z. B. 20 kHz Bandbreite.

Die aufgestellten Forderungen für Durchgangsund Sperrdämpfung sowie den Dämpfungsanstieg lassen eine Realisierung der Filter als aktive RC-Filter nicht möglich erscheinen. Man wird auf konventionelle LC-Filter zurückgreifen müssen.

SCHRIFTTUM

- Shorter, D. E. L.: Digital systems for audio signals. Nachrichtentechn. Fachber. 41 (1971), Hörrundfunk 2, VDE-Verlag, Berlin 1971, S. 214 bis 220.
- [2] Hessenmüller, H.: The transmission of broadcasting programs in a digital integrated network. IEEE Trans. on Audio and Electroacoustics, Vol. Au-21, No. 1, February 1973, pp. 17—20.
- [3] CCIR: System for coding and multiplexing the high-quality sound channel (France). Doc. CMTT/282 E Period 1974 1978. Hrsg. v. d. UIT, Genf.
- [4] CCIR: Transmission of high-quality sound-programme signals using non-linear coding (Japan). Doc. CMTT/14 E Period 1974—1978. Hrsg. v. d. UIT, Genf.
- [5] CCIR: Proposal concerning a system for coding of sound signals... (Switzerland). Doc. CMTT/186 E Period 1974—1978. Hrsg. v. d. UIT, Genf.
- [6] Hölzler, E.; Holzwarth, H.: Pulstechnik. Band I: Grundlagen. Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York 1975. S. 269 ff.
- [7] CCIR: Circuits for high-quality monophonic and stereophonic sound-programme transmissions. A conventional test signal simulating sound-programme signals, for measuring interference in other channels. Rep. 497-1/CMTT D. Hrsg. v. d. UIT, Genf 1974.
- [8] Jakubowski, H.: Analyse des Programmaterials des Hörrundfunks. Rundfunktechn. Mitt. 15 (1971), S. 275 bis 284.
- [9] Gröschel, G.: Leistungsspektrum eines mit einem genormten Rauschsignal modulierten AM-Tonrundfunksenders. Rundfunktechn. Mitt. 14 (1970), S. 236 bis 251.
- [10] CCIR: Characteristics of signals sent over sound-programme circuits. Rep. 491-1/CMTT E. Hrsg. v. d. UIT, Genf 1974.
- [11] Saal, R.: Der Entwurf von Filtern mit Hilfe des Katalogs normierter Tiefpässe. Telefunken, Backnang.
- [12] Fleischer, H.: Über die Wahrnehmbarkeit von Phasenänderungen. Acustica 35 (1976), S. 202 bis 209.

VERSORGUNGSGRENZEN BEIM SATELLITENRUNDFUNK DURCH ABSCHATTUNG

VON ROLF THIELE UND HANS-PETER SCHULTHEIS¹

Manuskript eingegangen am 14. August 1978

Satellitenversorgung

Zusammenfassung

Es wird beschrieben, wie die Abschattungsgebiete für künftigen Satellitenrundfunk mit Hilfe des Sonnenlichts ermittelt werden können. Am Beispiel von Frankfurt am Main erhält man mit dem Verfahren der Luftphotogrammetrie eine Aussage über die Lücken einer späteren Satellitenrundfunkversorgung. Der wesentlich höhere Erhebungswinkel bei Satellitenempfang gegenüber terrestrischem Empfang ergibt eine deutliche Verbesserung des Versorgungsgrades. Für die hessischen Mittelgebirge ergibt sich eine Verbesserung auf nahezu 100 %.

Summary Limits of satellite-broadcasting coverage due to shadowing

The paper describes how it is possible, by means of the light of the sun, to determine the shadow areas of the future satellite-broadcasting service. Taking Frankfurt-am-Main as an example, the gaps in a future satellite-broadcasting coverage are indicated by means of aerial photogrammetry. The cosiderably higher angle of elevation in the case of reception from satellites, compared with reception from terrestrial transmitters, results in a definite improvement of the degree of coverage. In the case of the more mountainous parts of Hesse, an improvement of almost 100 % is indicated.

Sommaire Limitation par les effets d'ombre de la couverture assurée par un satellite de radiodiffusion

L'article explique comment il est possible d'utiliser la lumière du soleil pour déterminer les zones d'ombre du futur service de radiodiffusion par satellite. A titre d'exemple, ces zones sont indiquées pour Francfort-sur-le-Main grâce à un procédé de photogrammétrie aérienne. L'angle d'élévation est beaucoup plus grand dans le cas d'un satellite que dans celui d'un émetteur de Terre et la couverture s'en trouve très nettement améliorée. Dans le cas des parties les plus montagneuses de la Hesse, l'accroissement atteint presque 100 %.

1. Einführung

Ab 1. 1. 1979 ist der Genfer Wellenplan für den Satellitenrundfunk gültig. Er wurde bekanntlich Anfang 1977 verabschiedet und ist inzwischen in zahlreichen Veröffentlichungen kommentiert [1-4]. Die Satellitenstandorte wurden so gewählt, daß die Erhebungswinkel der Empfangsantennen innerhalb der Versorgungsgebiete in der Regel größer als 20° sind. In der Bundesrepublik ergeben sich für den zugeteilten Satellitenstandort (geographische Länge $\lambda_s = 19^{\circ}$ West) Erhebungswinkel zwischen 22° und 29°. Verglichen mit terrestrischen Sendern sind das sehr hohe Werte. So fällt z.B. der Fernsehsender Feldberg im Taunus in Frankfurt am Main mit 2° ein. Daraus folgt, daß beim Satellitenrundfunk Abschattungen durch hügeliges Gelände oder Hochhausbebauung weniger kritisch sind als bei terrestrischen Sendern.

Abschattungsgebiete werden bei der Planung terrestrischer Sendernetze bekanntlich durch Geländeschnitte und Beugungsberechnung ermittelt und durch Feldstärkemessungen mit Meßwagen bei bestehenden Sendern. Für einen künftigen Satellitenrundfunk ist diese Ermittlung auch mit Hilfe des Sonnenlichts möglich. Nachfolgend wird das Prinzip beschrieben und über erste praktische Erfahrungen berichtet.

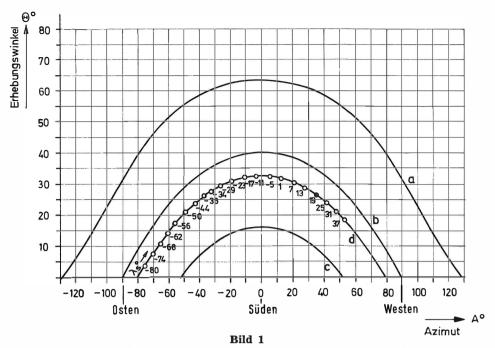
2. Satellitenstandorte und Sonnenbahn

Die Standorte möglicher geostationärer Satelliten befinden sich alle oberhalb des Äquators in einem Abstand von 35 786 km von der Erdoberfläche. Wegen

der Einzelheiten sei auf [5] oder [6] verwiesen. Für einen Beobachter auf der Erde scheinen diese möglichen Standorte auf einem Bogen zu liegen, der im Süden am höchsten ist und gleichmäßig nach Osten und Westen unter den Horizont abfällt. In **Bild 1** ist in Kurve d für die geographische Länge und Breite von Frankfurt der Erhebungswinkel Θ in Abhängigkeit vom Azimut A für alle möglichen geostationären Satellitenstandorte dargestellt. Wegen des mathematischen Zusammenhangs siehe 4. Besonders hervorgehoben sind die Satellitenstandorte nach dem Genfer Plan. Sie beginnen bei der geographischen Länge $\lambda_s = 37^{\circ}$ West und reichen bis $\lambda_s = 80^{\circ}$ Ost. Eingezeichnet sind außerdem die täglichen Sonnenbahnen zur Zeit der Sommer- und Wintersonnenwende (Deklinationen $\delta = +23,44^{\circ}$ und $\delta = -23,44^{\circ}$). Zur Zeit der Tagund Nachtgleichen überquert die Sonne den Himmelsäquator ($\delta = 0^{\circ}$) und nähert sich der für Frankfurt eingezeichneten Bahn der Satellitenstandorte. Beide Kurven kommen praktisch zur Deckung, wenn die Sonnendeklination etwa -7° beträgt. Den genauen Wert kann man für jeden Satellitenstandort aus dessen Azimut, Erhebungswinkel und der geographischen Breite $\varphi_{\rm B}$ des Beobachtungsortes mit den Methoden der sphärischen Trigonometrie bestimmen. Mit Hilfe eines astronomischen Jahrbuches ermittelt man daraus, an welchen Tagen im Jahr die Sonne dieser Deklination am nächsten kommt. Berechnet man dann noch den Stundenwinkel t aus Θ , A und $\varphi_{\rm B}$, so läßt sich auch die Uhrzeit angeben, zu der an diesem Ort und Tag Satellitenstandort und Sonnenstand zusammenfallen.

Für Frankfurt ermittelt man, daß dies 1978 am 2. März um 14.40 Uhr MEZ und am 12. Oktober um 14.14 Uhr MEZ der Fall ist. Wenn zur Koinzidenzzeit die Sonne scheint, kann man aus Luftaufnahmen des

¹ Dr. rer. nat. Rolf Thiele ist Technischer Direktor, Ing. (grad.) Hans-Peter Schultheis ist Leiter der Abteilung Sendertechnik Allgemein beim Hessischen Rundfunk in Frankfurt.



Erhebungswinkel Θ in Abhängigkeit vom Azimut A für Frankfurt am Main

für die tägliche Sonnenbahn zur Zeit

der Sommersonnenwende (a)

der Tag- und Nachtgleiche (b)

der Wintersonnenwende (c)

und für Standorte von geostationären Satelliten (d). Eingetragen sind in (d) die nach Genfer Plan 1977 zugeteilten Standorte der Rundfunksatelliten mit Angabe der geogr. Länge.

Sonnenschattens Rückschlüsse über die Abschattungsgebiete bei einer Satellitenrundfunkversorgung gewinnen. Selbstverständlich kann man wie bisher die Abschattung auch durch Geländeschnitte bestimmen.

3. Ermittlung von Abschattungsgebieten

3.1. In einer Großstadt

Am Beispiel von Frankfurt am Main sollen die unterschiedlichen Abschattungszonen für die terrestrische Fernsehversorgung und den Empfang eines Rundfunksatelliten erläutert werden.

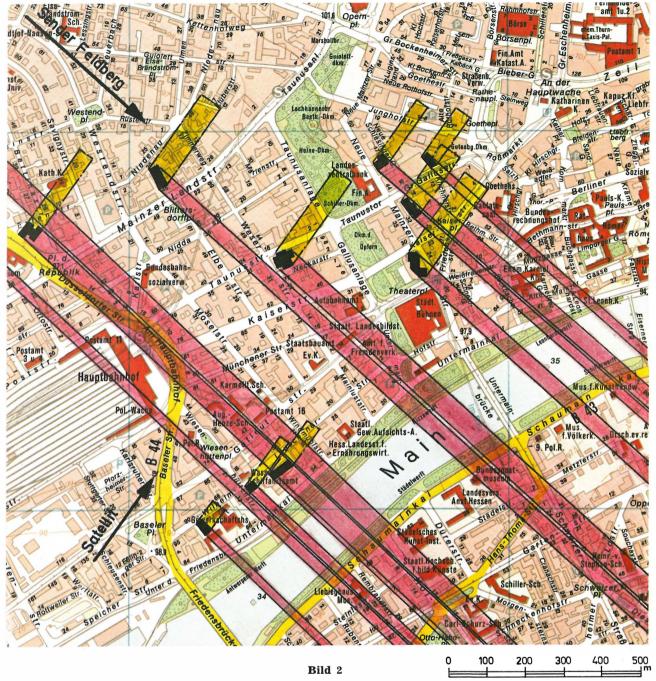
Die Fernsehsender auf dem Großen Feldberg im Taunus fallen in Frankfurt aus einer Entfernung von 20 km mit einem Erhebungswinkel von etwa 2° ein. Der Fernsehempfang wird seit einigen Jahren nach dem Bau von fast 300 Hochhäusern, die bis zu 160 m Höhe erreichen, durch Abschattung erheblich beeinträchtigt. Es sind dicht nebeneinander Schattenzonen bis zu 3 km Länge entstanden. In **Bild 2** ist die schwierige Empfangssituation für einen Teil der Innenstadt dargestellt. Gleichzeitig sind in den Stadtplan die für den Empfang eines Rundfunksatelliten mit dem Standort $\lambda_{\rm S}=19^{\circ}$ West und dem Erhebungswinkel $\Theta=26,85^{\circ}$ nach rechnerischer Ermittlung zu erwartenden Schatten eingezeichnet.

Es zeigte sich, daß auf diese Weise nur mit großen Schwierigkeiten ein Überblick über die spätere Satellitenversorgung einer dicht bebauten Großstadt zu gewinnen wäre, da die Daten über die Höhe der Bebauung nur unvollständig zur Verfügung stehen.

Daher wurde auf das Verfahren der Luftphotogrammetrie zurückgegriffen. Auf diese Weise kann mit einem für Steilaufnahmen besonders ausgerüsteten Vermessungsflugzeug aus großer Höhe innerhalb weniger Minuten eine Reihe lückenloser Aufnahmen von einem sehr großen Gebiet hergestellt werden.

Das Flugzeug für die Luftaufnahmen stand erstmals an dem errechneten Termin, dem 12. Oktober 1977, bereit. Wegen erheblicher Bewölkung mußte der Start jedoch verschoben werden. Am 2. März 1978 um 14.40 Uhr ± 10 Minuten konnten über der Stadt Frankfurt die vorgesehenen Bilder aus einer Höhe von 2800 m schließlich bei guter Sicht doch noch aufgenommen werden. Es wurde eine Reihenmeßkammer RMKA 2 der Firma Zeiss mit einem Negativformat von 23 cm x 23 cm verwendet. Aus dem Abbildungsmaßstab 1:18 000 wurden mit Hilfe vorhandener Stadtkarten entzerrte Vergrößerungen im Maßstab 1:5000 hergestellt.

Die Schwarzweißfotos haben eine Größe von jeweils einem Quadratmeter und ermöglichen auf einfache Weise anhand der klar erkennbaren Sonnenschatten eine Aussage über die Lücken einer späteren Satellitenrundfunkversorgung. Für die besonders dicht bebaute Frankfurter Innenstadt stehen zusätzlich einige Großformat-Farbdias von 23 cm x 23 cm Größe zur Verfügung, die aus 1230 m Höhe aufgenommen wurden. Wegen der geringeren Flughöhe ist bei besonders hohen Gebäuden zwar eine gewisse Verzerrung festzustellen, die Abmessungen des Schattens werden dadurch aber nicht verändert (Bild 3). In den Farbaufnahmen sind durch die geringere Vergrößerung und den höheren Kontrast einzelne Details der Schattenbildung noch besser zu erkennen. In einem Ausschnitt fällt der treppenförmige



Abschattung durch Hochhäuser in Frankfurt am Main

Verlauf der Abschattung durch ein 143 m hohes Gebäude auf, der durch unterschiedliche Bauhöhen der Nachbarhäuser verursacht wird (Bild 4).

Bei einer Gegenüberstellung ergibt sich für den Empfang eines Satelliten eine erhebliche Verringerung der Abschattungszonen in den Großstädten. In Frankfurt nimmt die Schattenlänge für Bauwerke von 150 m Höhe z. B. von 3 km auf 300 m ab. Die Wohnbebauung in größerer Entfernung ist nicht mehr betroffen. Für die einem 40 m hohen Gebäude benachbarten Rundfunkteilnehmer besteht wegen des günstigen Erhebungswinkels des Satelliten bei einer Schattenlänge von nur 80 m in den meisten Fällen eine leichtere Ausweichmöglichkeit für den Antennenstandort als beim Empfang eines terrestri-

schen Senders. Da der Parabolspiegel nicht unbedingt auf dem Dach aufgestellt werden muß, kann auch die beim Satellitenempfang auftretende Beeinträchtigung durch hohe Bäume auf einfache Weise ausgeglichen werden.

Nach ersten Ermittlungen würde in Frankfurt die Zahl der abgeschatteten Einwohner beim Empfang des Rundfunksatelliten von 60 000 auf etwa 6000 zurückgehen. Das entspricht einem Versorgungsgrad von etwa 99 $^{0}/_{0}$.

3.2. Im Mittelgebirge

Die Ermittlung von Abschattungsgebieten in dicht besiedelten Großstädten ist mit Hilfe von Luftaufnahmen auf kostengünstige Weise möglich. Für weit



Luftaufnahme der Innenstadt Frankfurt am Main Freigegeben durch den Regierungspräsidenten in Darmstadt unter Nr. 100/78

ausgedehnte Gebirgszüge wird dieses Verfahren zu teuer. Es empfiehlt sich jedoch, mit Hilfe weniger Fotos die in tiefen Tälern zu erwartenden Versorgungsverhältnisse einmal pauschal zu untersuchen. Dieses Ziel konnte in Hessen wegen ungünstiger Wolkenbildung an den geeigneten Tagen bisher nicht erreicht werden.

Für die terrestrische Fernsehversorgung werden in den hessischen Mittelgebirgen neben den Grundnetzsendern 148 Füllsender betrieben. Falls die Einwohnergrenze 800 bestehen bleibt, sind nach Abschluß des Füllsenderausbaues eine ganze Reihe kleinerer Gemeinden unversorgt. Es wurde nun mit Hilfe zahlreicher Geländeschnitte untersucht, ob in solchen ungünstig gelegenen Gebieten auch für den Empfang von Rundfunksatelliten Abschattungen zu erwarten sind. In Bild 5 sind die Geländeschnitte für eine bisher völlig unversorgte Gemeinde von 418 Einwohnern dargestellt. Es ist zu erkennen, daß der Satellitenempfang durch die nahe gelegenen Gebirgszüge in keiner Weise beeinträchtigt wird.

Insgesamt hat die Auswertung ergeben, daß nur für ganz wenige Gebäude an nach Nordosten gerich-

teten Steilhängen der Erhebungswinkel des Rundfunksatelliten nicht ausreicht. Bisher konnte nur ein einziges Beispiel für eine solche äußerst sonnenarme Bebauung gefunden werden. Für die hessischen Mittelgebirge ergibt sich daher ein Versorgungsgrad von nahezu $100\,$ %.

Die Ermittlung von Abschattungsgebieten im Hochgebirge war zwar nicht Gegenstand unserer Untersuchung. Es ist jedoch darauf hinzuweisen, daß dort in tief eingeschnittenen Tälern, die quer zur Empfangsrichtung des Satelliten verlaufen, gelegentlich Hangneigungen von mehr als 25° vorkommen. Bei Wohnlagen in unmittelbarer Nähe dieser Steilhänge reicht der Erhebungswinkel des Satelliten nicht mehr aus und es kommt zu Abschattungen. Der Empfang der terrestrischen Sender ist in solchen Gebieten nur über Umsetzer oder Gemeinschaftsantennen mit sehr hoch gelegener Kopfstation möglich. Für den Empfang von Rundfunksatelliten können ungünstig gelegene Gebäude über Kabel von einer abgesetzten Empfangsantenne auf einfache Weise versorgt werden, da meist in geringer Entfernung günstige Empfangsverhältnisse vorliegen.



Schattenbild eines einzelnen Hochhauses (Ausschnitt aus Bild 3)

4. Berechnungen

Das dargelegte Verfahren, die Sonne zur Ermittlung der Abschattungsgebiete von Satellitensendern zu benutzen, ist im Prinzip einfach. Die durchzuführenden Berechnungen sind aber etwas umständlich und benötigen den Formelapparat der sphärischen Trigonometrie. Da dieser von Rundfunktechnikern selten benutzt wird, sollen die wichtigsten Begriffe und ihre Verknüpfungen in diesem Anhang zusammengestellt werden. Der Leser kann danach eigene Rechnungen für interessierende Empfangs- und Satellitenstandorte durchführen. Hierfür sind programmierbare und druckende Kleinrechner besonders hilfreich und zeitsparend.

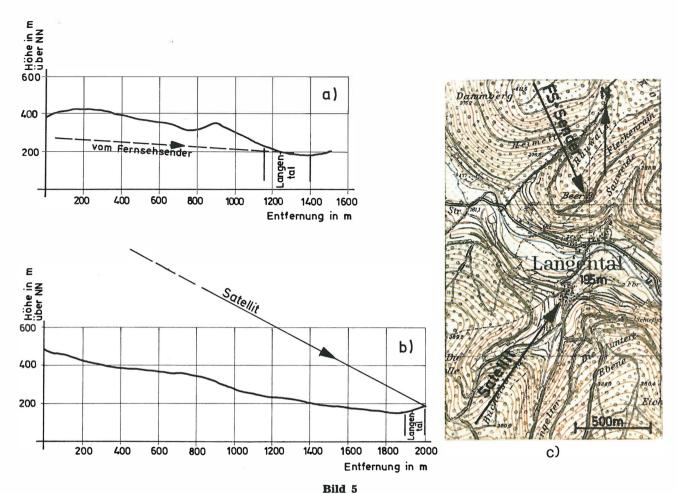
Die geometrischen Verhältnisse eines geostationären Satelliten zeigt **Bild 6.** Über dem Erdäquator befindet sich bei der geographischen Länge λ_s der Satellit S im Abstand h vom Subsatellitenpunkt S'.

Vom Beobachtungsort B auf der Erdoberfläche (geographische Koordinaten $\lambda_{\rm B}, \, \varphi_{\rm B}$) beträgt die Entfernung $\overline{\rm BS}$ = d. Die Entfernung zum Erdmittelpunkt ist $\overline{\rm SO}$ = h + R, wobei R der Erdradius ist. Der Großkreiswinkel zwischen B und S' ist mit β bezeichnet. Der Winkel zwischen diesem Großkreisbogen und dem Meridian durch B ist das Azimut A. Der Erhebungswinkel von S in B wurde mit Θ bezeichnet. B, S, S' und O liegen mit dem Großkreisbogen β in einer Ebene. Die geographische Längendifferenz wird mit $\lambda_{\rm S} - \lambda_{\rm B} = \Delta \lambda$ bezeichnet. Aus dem rechtwinkligen sphärischen Dreieck BB'S' mit den Seiten $\Delta \lambda, \, \varphi_{\rm B}, \, \beta$ und dem Winkel A entnimmt man

$$\cos\beta = \cos\varphi_{\rm B} \cdot \cos\Delta\lambda \tag{1}$$

und

$$\tan A = \frac{\tan \Delta \lambda}{\sin \omega_{\rm R}} \quad . \tag{2}$$



Geländeschnitte zur Ermittlung der Abschattung im Mittelgebirge

- a) terrestrischer Sender
- b) Rundfunksatellit c) Kartenausschnitt

Im Dreieck SOB gilt nach den Sätzen der Trigonometrie

$$d^2 = R^2 + (R + h)^2 - 2R (R + h) \cdot \cos\beta$$

oder

$$d = h \sqrt{1 + \frac{2R(R+h)}{h^2}(1 - \cos\beta)}$$
 (3)

Bei geostationären Satelliten ist nach den Gesetzen der Himmelsmechanik h = 35 786,04 km. Mit dem Äquatorradius $R=6\,378,16\,$ km erhält man dann für die Satellitenentfernung in km

$$d = 35786 \sqrt{1 + 0.41999 (1 - \cos \beta)} \quad . \tag{3a}$$

Für den Erhebungswinkel Θ leitet man ebenfalls aus dem Dreieck SOB ab, daß

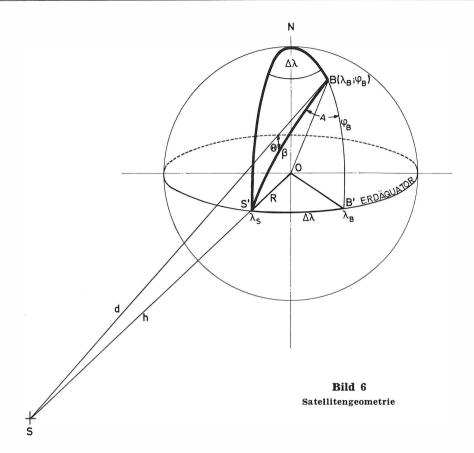
$$\tan\Theta = \frac{\cos\beta - k}{\sqrt{1-\cos^2\beta}} \quad \text{mit } k = \frac{R}{R+h} = 0,151269$$
 ist. (4

Mit den Gleichungen (1) – (4) erhält man an einem festen Empfangsort aus dessen Koordinaten das Azimut, die Entfernung und den Erhebungswinkel eines Satelliten, wenn $\lambda_{\rm S}$ bekannt ist (wichtig für die Ausrichtung und Dimensionierung der Empfangsantennen). Für die Satelliten nach dem Genfer Plan sind für den Standort Frankfurt in **Bild 1** die Erhebungs-

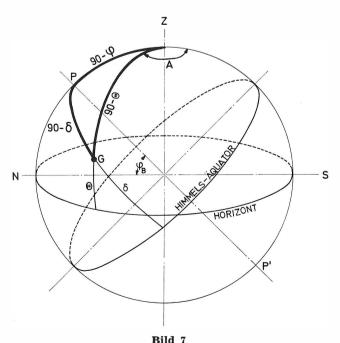
winkel zum zugehörigen Azimut eingetragen. Die durchgezogene Kurve gilt für alle theoretisch möglichen Satellitenstandorte. Man erhält sie, wenn man die Gleichungen (2) und (4) miteinander kombiniert, indem man $\Delta\lambda$ eliminiert. Die Rechnung liefert

$$\tan\Theta = \frac{\cos A}{\tan\varphi_{\rm B}} - k \left[\sqrt{1 + \left(\frac{\cos A}{\tan\varphi_{\rm B}}\right)^2} \right] . \tag{5}$$

In Bild 1 werden damit die täglichen Sonnenbahnen (Kurven a, b, c) zu verschiedenen Jahreszeiten verglichen. Deren formelmäßige Darstellung ergibt sich aus den Umrechnungen zwischen dem Horizontsystem und dem Äquatorsystem der sphärischen Astronomie (siehe Bild 7). In diesen Koordinatensystemen werden die Erdabmessungen gegenüber den Entfernungen der Himmelskörper vernachlässigt, so daß nur noch die Winkel an der Sphäre benötigt werden. Im Horizontsystem sind dies der Erhebungswinkel Θ eines Gestirns G über dem Horizont und dessen Azimut A (Winkelabstand auf dem Horizont vom Meridian, der in Nordsüdrichtung NS über den Zenit Z verläuft). Gegen das Horizontsystem ist das Äquatorsystem um den Winkel φ_{B} (Breite des Beobachtungsortes) geneigt. Ein Punkt G an der Sphäre wird darin bestimmt durch seine Deklination δ (Winkel-



abstand vom Himmelsäquator) und seinen Stundenwinkel t (Winkelabstand von G zum Meridian, gemessen am Himmelspol P). Der Fixsternhimmel scheint sich infolge der Erddrehung um die Achse PP' zu drehen. Damit ist t ein Maß für den Ablauf der Zeit. Man gibt daher t auch in Stunden, Minuten und Sekunden an $(360^{\circ} \triangleq 24 \text{ h}, 15^{\circ} \triangleq 1 \text{ h}, 1^{\circ} \triangleq 4 \text{ min})$.



Zusammenhang zwischen Horizontsystem und Aquatorsystem

Aus dem sphärischen Dreieck GZP erhält man mit Hilfe des Seitenkosinussatzes

$$\sin\delta = \sin\Theta \cdot \sin\varphi_B - \cos\Theta \cdot \cos\varphi_B \cdot \cos A \quad . \quad (6)$$

Formt man darin $\sin \Theta$ und $\cos \Theta$ nach $\tan \Theta$ um, so erhält man schließlich

$$\tan \Theta = \frac{\sin \varphi_{\rm B} \cdot \cos \varphi_{\rm B} \cdot \cos A + \sin \delta}{\sin^2 \varphi_{\rm B} - \sin^2 \delta + \cos^2 \varphi_{\rm B} \cdot \cos^2 A} \quad . \tag{6a}$$

Bekanntlich ändert sich bei der Sonne die Deklination δ von $\delta=+23,44^\circ$ im Sommer über $\delta=0^\circ$ im Herbst bis zu $\delta=-23,44^\circ$ im Winter. Für diese Werte sind die Sonnenbahnen an der Sphäre $\theta=f$ (A) nach (6a) in **Bild 1** eingezeichnet. Aus Formel (6) kann man nun für einen Satelliten mit bekanntem θ und A [Formeln (2) und (4)] auch dessen Deklination δ berechnen. Man benötigt dann noch den Stundenwinkel t, den man aus dem sphärischen Dreieck GZP in **Bild 7** nach dem Sinussatz erhält.

Es ist

$$\sin t = \frac{\sin A \cdot \cos \Theta}{\cos \delta} \tag{7}$$

und nach dem Seitenkosinussatz

$$\sin\Theta = \sin\delta \cdot \sin\varphi_B + \cos\delta \cdot \cos\varphi_B \cdot \cos t$$

oder

$$\cos t = \frac{\sin \Theta - \sin \delta \cdot \sin \phi_B}{\cos \delta \cdot \cos \phi_B} \quad . \tag{8}$$

Aus (7) und (8) folgt

$$\tan t = \frac{\sin A \cdot \cos \Theta \cdot \cos \varphi_B}{\sin \Theta - \sin \delta \cdot \sin \varphi_B}$$
 (9)

Datum	Deklination der Sonne	Kulmination der Sonne bei 15° (MEZ)	Kulmination in Ffm. (+ 25 min 24 s)	Koinzidenz bei t _s (MEZ)
2. 3. 1978	- 7° 25′ 24″	12 h 12 min 14 s	12 h 37 min 38 s	14 h 39 min 31 s
3. 3. 1978	-7° 02′ 30″	12 h 12 min 01 s	12 h 37 min 25 s	14 h 39 min 18 s
12. 10. 1978	-7° 10′ 49″	11 h 46 min 36 s	12 h 12 min 00 s	14 h 13 min 53 s
13. 10. 1978	- 7° 33′ 21″	11 h 46 min 21 s	12 h 11 min 45 s	14 h 13 min 38 s

Tabelle 1

Daten des geostationären Rundfunksatelliten der Bundesrepublik und Vergleich mit dem Sonnenstand für 1978 Beobachtungsort: $\phi_R = 50,12^\circ$ Nord, $\lambda_R = 8,65^\circ$ Ost (Frankfurt am Main)

Satellitenposition: $\lambda_{\hat{S}}$ = 19° West; Entfernung d = 38 897,5 km; Azimut A = 34,32°; Erhebungswinkel Θ = 26,85°; Deklination $\delta_{\hat{S}}$ = -7,23°; Stundenwinkel $t_{\hat{S}}$ = 30,47° \triangleq 2 h 01 min 53 s

$$\tan t = \frac{\sin A}{\tan \theta \cdot \cos \varphi_B + \sin \varphi_B \cdot \cos A} \quad . \tag{10}$$

Sind also an einem Beobachtungsort der geographischen Breite Azimut A und Erhebungswinkel Θ eines geostationären Satelliten bekannt, so kann man aus (6) und (10) dessen Deklination $\delta_{\rm S}$ und Stundenwinkel t_s berechnen. Gestirne, die gleiche Werte von δ und t aufweisen, werden dann in gleicher Position wie der Satellit zu finden sein. Für den Satellitenstandort $\lambda_{\rm S}$ = 19° West und die geographische Breite von Frankfurt $\lambda_{\rm B}=50,12^{\circ}$ erhält man $\delta_{\rm s}=-7,23^{\circ}$ und $t_s = 30,47^{\circ}$. Die Sonne erreicht diese Deklination am 2. März bzw. am 12. Oktober. Man kann dies aus astronomischen Jahrbüchern [7] oder Logarithmentafeln [8] entnehmen. Dem Stundenwinkel $t_s = 30,47^{\circ}$ entspricht eine Zeitdauer von 30,47 x 4 min = 121,88 min = 2 h 01 min 53 s nach der oberen Kulmination der Sonne. Die Kulminationszeit in MEZ kann man für 15° östl. Länge ebenfalls einem astronomischen Jahrbuch [7] entnehmen oder diese mit Hilfe der sogenannten Zeitgleichung [8] berechnen. Addiert man die Kulminationszeit bei 15° östl. Länge, den Stundenwinkel ts und die Längendifferenz zwischen dem Beobachtungsort und dem 15. Längengrad $\Delta \lambda_{\rm B}$ = $15 - \lambda_B$ umgerechnet in Zeitmaß, so erhält man die Koinzidenzzeit von Sonne und Satellit in MEZ (siehe **Tabelle 1**). Man beachte, daß sich die Deklination der

Sonne im Laufe eines Tages ändert. Da die angeführten Werte für 0 Uhr Ephemeridenzeit gelten, muß man noch interpolieren, um δ zur Zeit der Koinzidenz zu bestimmen. Andererseits ist eine so genaue Berechnung wegen der endlichen Ausdehnung der Sonne von 0.5° unnötig. Man wird daher Schattenfotografien auch noch etwa 4 min vor und nach der Koinzidenzzeit und einen Tag vor bzw. nach dem günstigsten Datum für die Sonnendeklination machen können.

SCHRIFTTUM

- [1] Süverkrübbe, R.: Die weltweite Funkverwaltungskonferenz für den Satellitenrundfunk. Rundfunktechn. Mitt. 21 (1977). S. 37 bis 41.
- [2] Gröschel, G.; Mägele, M.; Ohms, K.: Rundfunksatellitenkonferenz 1977. Nachrichtentechn. Z. 30 (1977), S. 368 bis 370.
- [3] Brown, A.; Mertens, H.: The work of the conference on satellite broadcasting. EBU Rev. Tech. No. 162 (April 1977), pp. 60-67.
- [4] Thiele, R.: Satelliten-Rundfunk Anmerkungen zum gegenwärtigen Stand. Media Perspektiven Nr. 6 (1978), S. 405 bis 418.
- [5] Mertens, H.: Satellite broadcasting Design and planning of 12-GHz Systems. EBU, Technical Centre, Tech. 3220-E (March 1976).
- [6] Gröschel, G.: Planungsverfahren für die Rundfunkversorgung über Satelliten im 12-GHz-Bereich. Der Fernmelde-Ingenieur 32 (1978), Hefte 2 und 3.
- [7] Ahnert, P.: Kalender für Sternfreunde 1978, I. A. Barth, Leipzig.
- [8] Schülkes Tafeln, 54. Auflage, B. G. Teubner, Stuttgart 1977.

EINFLUSS DER BETRIEBSSELEKTION AUF DIE ÜBERTRAGUNGSQUALITÄT IM UKW-FM-HÖRRUNDFUNK

VON ERNST-JÜRGEN MIELKE¹

Manuskript eingegangen am 5. Juli 1978

Empfängertechnik

Zusammenfassung

Die Übertragungsqualität im UKW-FM-Hörrundfunk hängt von sehr vielen Faktoren ab. Störungen durch benachbarte Sender haben wesentlichen Einfluß auf die Wiedergabequalität. Sie können durch sorgfältige Frequenzplanung dem erreichbaren Minimum angenähert werden. Voraussetzung dafür ist aber, daß die Selektionseigenschaften handelsüblicher Rundfunkempfänger im Mittel nicht schlechter sind als die bei der Planung zugrunde gelegten Schutzabstandskurven.

Die Selektionseigenschaften einer Reihe von Rundfunkempfängern werden mit den Schutzabstandskurven verglichen. Das verwendete Meßverfahren bildet die betriebsmäßigen Verhältnisse der FM-Hörrundfunkübertragung nach und gestattet Aussagen darüber, welche Störungen durch benachbarte Sender zu erwarten sind. Darüber hinaus werden die Einflüsse von Frequenzhub und Empfängereingangsspannung auf die Störungen untersucht. Auch Störungen durch weiter abliegende Sender werden erfaßt.

Summary The influence of receiver selectivity on the quality of reception in VHF/FM sound broadcasting

The quality of reception in VHF/FM sound broadcasting depends on a large number of factors. Interference due to adjacent transmissions, which has a considerable influence on the quality of reproduction approximating to the attainable minimum, can be obtained by careful frequency planning. A condition therefore is, however, that the selectivity characteristics of the broadcast receivers on the market must on an average not be worse than the protection ratio curves upon which the planning is based.

The selectivity characteristics of a number of broadcast receivers are compared with the protection ratio curves. The measuring method used simulates the practical conditions of an FM sound-broadcasting transmission and makes it possible to obtain an idea of the interference to be expected from adjacent transmissions. In addition, the influences on the interference of the frequency deviation and the receiver input voltage are examined. Interference due to more distant transmissions are also discussed.

Sommaire Influence de la sélectivité du récepteur sur la qualité de la réception en modulation de fréquence

La qualité de réception en modulation de fréquence dépend de nombreux facteurs. Les brouillages par canaux adjacents ont une grande importance mais ils peuvent être ramenés à un niveau très faible par une bonne planification de fréquences, à condition toutefois que les caractéristiques de sélectivité des récepteurs offerts sur le marché ne soient pas moins favorables que les courbes de rapport de protection sur lesquelles est basée la planification.

L'article décrit la comparaison de ces deux types de courbes pour un certain nombre de récepteurs. La méthode utilisée simule les conditions de réception d'une émission réelle et permet de se faire une idée de l'importance des brouillages par canal adjacent. On examine aussi l'influence que l'excursion et la tension à l'entrée du récepteur ont sur les brouillages et on étudie le cas des brouillages causés par des émetteurs lointains.

1. Einführung

Die meisten Rundfunkteilnehmer haben den verständlichen Wunsch, möglichst viele Programme mit guter Qualität zu empfangen. Aufgabe und Ziel der Rundfunkanstalten ist es, in ihrem Versorgungsgebiet möglichst viele Teilnehmer bei hoher Übertragungsqualität mit ihrem Programm zu versorgen. Eine hohe Übertragungsqualität kann zur Zeit nur im UKW-FM-Hörrundfunk gewährleistet werden.

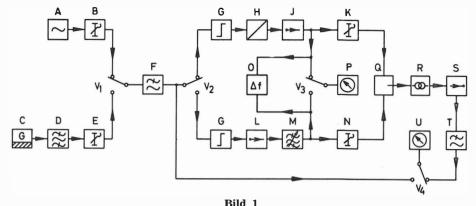
Die Wiedergabequalität des Rundfunkprogramms wird durch eine große Anzahl von Faktoren beeinflußt. Dazu gehören zunächst einmal die Qualität der Programmquelle und die Systemparameter, aber auch die Eigenschaften des Rundfunksenders, des Übertragungsweges und nicht zuletzt des Rundfunkempfängers. Bei der gedanklichen Verbindung von Empfängereigenschaften und Übertragungsqualität werden häufig nur niederfrequenter Amplitudengang, nichtlineare Verzerrungen, Geräusch- und Fremdspannungsabstand sowie Empfindlichkeit und Ausgangsleistung betrachtet. Für Stereoempfänger wird allenfalls noch die Übersprechdämpfung mit

zur Beurteilung herangezogen. Wesentlichen Einfluß auf die Übertragungsqualität haben aber auch das Großsignalverhalten der Empfänger und die Unterdrückung von Störungen durch Gleich- und Nachbarkanalsender.

2. Die Bedeutung der hochfrequenten Störabstände

Zur Versorgung der Rundfunkteilnehmer ist wegen der begrenzten Reichweite der Ultrakurzwellen und der unterschiedlichen Programme der verschiedenen Rundfunkanstalten ein umfangreiches Sendernetz erforderlich. Da das verfügbare Frequenzspektrum begrenzt ist und für den UKW-Hörrundfunk auch nur ein kleiner Teil des Spektrums verwendet werden darf, sind die Übertragungskanäle relativ eng benachbart und jede Sendefrequenz muß mehrfach belegt werden. Das führt dazu, daß jeder Sender seine Funktion als "Nutzsender" nur in einem Gebiet erfüllt, in dem die Empfangsqualität weder durch Rauschen noch durch Interferenzstörungen unzulässig beeinträchtigt wird. Außerhalb dieses "Versorgungsgebietes" wird er dagegen zum "Störsender". Um bei der Wahl der Senderstandorte und der Verteilung von Frequenzen dem Optimum an Versorgung möglichst nahe zu kommen, ist eine äußerst sorgfältige Frequenzplanung erforderlich. Grundlage

¹ Ing. (grad.) Ernst-Jürgen Mielke ist Leiter des Arbeitsbereiches Übertragungstechnik Hörfunk im Institut für Rundfunktechnik, München.



Blockschaltbild der Meßanordnung

- A: 500-Hz-NF-Generator (zur Frequenz-
- hubeinstellung)
- B: NF-Eichleitung
- C: Rauschgenerator
- D: Filter zur Färbung des Rauschens n. CCIR-Bericht 399-1
- E: NF-Eichleitung
- F: 15-kHz-Tiefpaß
- G: Preemphasis
- H: Stereocoder
- J: Meßsender (Nutzsignal)
- K: RF-Eichleitung
- L: Meßsender mit Spitzenhub-Begrenzer (Störsignal)
- M: Abstimmbarer RF-Bandpaß
- N: RF-Eichleitung

- O: Frequenzmesser zur Messung der Frequenzdifferenz zwischen Meßsender J und L
- P: Frequenzhubmesser
- Q: RF-Koppler
- R: Anpassungsnetzwerk
- S: Empfänger (Meßobjekt)
- T: 15-kHz-Tiefpaß
- U: Geräuschspannungsmesser (mit abschaltbarem Bewertungsfilter)
- V₁: Modulationswahlschalter
- V₂: Umschalter zur Modulation des Nutz-
- oder Störsenders
- V₃: Umschalter für Hubmesser (Meßsender J oder L)
- V₄: Wahlschalter zur Messung der
 - NF-Signale

jeder Frequenzplanung sind die radiofrequenten (RF-)Schutzabstände; sie wurden aufgrund von Empfängermessungen international vereinbart [1] und geben an, wie groß das Verhältnis von Nutz- zu Störsignalspannung am Empfängereingang sein muß, um bei einem Rundfunkempfänger mittlerer Qualität unter definierten Voraussetzungen einen akzeptablen niederfrequenten (NF-)Störabstand zu gewährleisten.

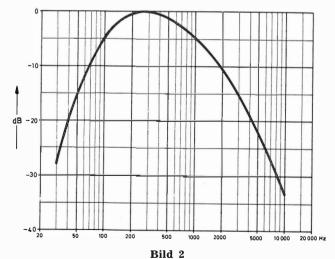
Sind in den "Technischen Daten" von Rundfunkempfängern Angaben über die Unterdrückung von unerwünschten Sendern enthalten, so beschränken sich diese meist auf die Nennung von Capture Ratio und irgendwelchen statischen Selektionswerten. Diese Angaben mögen zum Vergleich von Empfängereigenschaften geeignet sein, solange man sicher sein kann, daß sie nach dem gleichen Meßverfahren ermittelt wurden - das ist jedoch keineswegs immer gewährleistet. Den meisten Meßverfahren liegt ein als Effektivwert gemessener NF-Störabstand von 30 dB zugrunde. Bei der Angabe des Capture Ratio wird der Meßwert sogar noch halbiert. Für die Planung von Sendernetzen und die Beurteilung, welche Übertragungsqualität mit einem bestimmten Empfänger erwartet werden darf, sind diese Meßwerte völlig ungeeignet. Kein Rundfunkteilnehmer wird sich bei einem hochwertigen Übertragungsverfahren mit 30 dB NF-Störabstand zufrieden geben.

3. Ein Zweisignal-Meßverfahren mit Rauschmodulation

Innerhalb der Rundfunkanstalten werden RF-Störabstände schon lange nach einem objektiven Verfahren gemessen, das die betriebsmäßigen Verhältnisse beim FM-Hörrundfunk nachbildet und das in

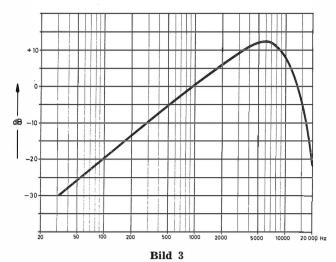
seinen Einzelheiten in einem CCIR-Bericht genau festgelegt ist [2, 3]. Dieses Meßverfahren soll jetzt auch von der IEC² in die Normvorschriften für FM-Empfängermessungen übernommen werden. Zum besseren Verständnis wird es hier kurz erläutert.

Wie die Bezeichnung des Meßverfahrens andeutet, werden dem Empfängereingang zwei RF-Signale zugeführt (Bild 1). Der Nutzsender wird (nur zur Festlegung eines Bezugspegels) mit einem 500-Hz-Sinuston frequenzmoduliert. Der Frequenzhub wird auf $\pm 75~\mathrm{kHz}$ eingestellt (bei Stereomessungen einschließlich des 19-kHz-Pilottones).



Amplituden-Frequenzgang des Filters zur Herstellung des farbigen Rauschens nach CCIR-Bericht 399-1

² IEC: Internationale Elektrotechnische Kommission

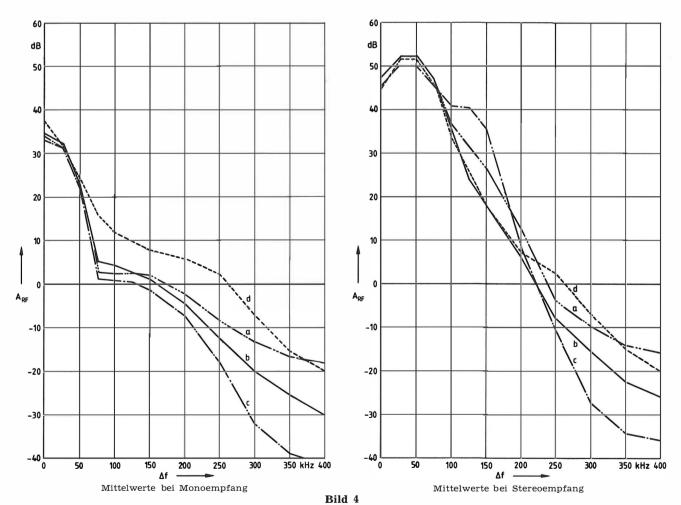


Amplituden-Frequenzgang des Geräuschbewertungsfilters nach CCIR-Empfehlung 468-1

Der störende Sender wird mit einem gefärbten Rauschsignal frequenzmoduliert. Farbiges Rauschen entspricht in seiner spektralen Zusammensetzung etwa der Energieverteilung eines mittleren Rundfunkprogramms (Bild 2). Der Frequenzhub des störenden Senders ist für die Reproduzierbarkeit der Ergebnisse von großer Bedeutung und muß deshalb besonders sorgfältig eingestellt werden. Dazu wird mit einem 500-Hz-Sinuston zunächst ein Frequenzhub von $\pm\,32$ kHz eingestellt. Danach wird der Sinuston durch farbiges Rauschen mit gleichem Pegel ersetzt, gemessen mit einem Quasispitzenspannungsmesser nach DIN 45405 ohne Bewertung.

Zur Messung des RF-Störabstandes wird das Pegelverhältnis von Nutzsender zu störendem Sender so eingestellt, daß sich am Ausgang des Empfängers ein Geräuschspannungsabstand von 50 dB ergibt (Quasispitzenwertmessung mit Geräuschspannungsmesser nach DIN 45405³ mit gehörrichtiger Bewertung nach Bild 3). Der Pegel des Nutzsenders soll dabei möglichst klein sein, aber groß genug, um auch mit einfachen Empfängern bei Stereobetrieb ohne störenden Sender einen hinreichend großen Geräuschspannungsabstand (\approx 60 dB) zu erzielen. Eine Nutz-EMK von \approx 2 mV (an 240 Ω) hat sich für diese Messungen bewährt. Ein Geräuschspannungsabstand

³ Entwurf Jan. 1978



RF-Störabstände für Heimempfänger

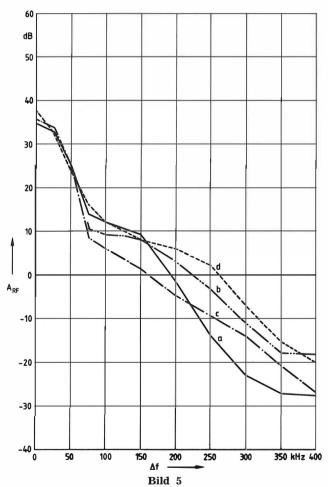
Parameter:

- a) Empfänger der unteren Preisklasse
- b) Empfänger der mittleren Preisklasse
- c) Empfänger der höheren Preisklasse
- d) RF-Schutzabstandskurve nach CCIR-Empfehlung 412-1

von 50 dB (\approx 45 dB, bezogen auf \pm 40 kHz Spitzenhub) ist für ein hochwertiges Übertragungsverfahren zwar immer noch nicht sehr gut; für viele Empfänger wird damit aber schon die Grenze des Möglichen erreicht, wenn man berücksichtigt, daß der Geräuschspannungsabstand ohne störenden Sender mindestens 10 dB besser sein sollte und daß es sich um gehörrichtig bewertete Spitzenstörungen handelt.

4. Messungen an Rundfunkempfängern

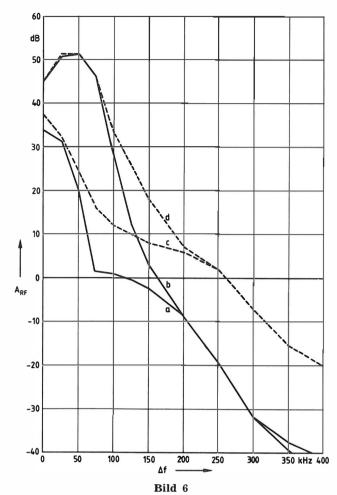
Um die Übereinstimmung der FM-RF-Schutzabstandskurven mit den Selektionseigenschaften handelsüblicher Rundfunkempfänger zu ermitteln, wurden umfangreiche Meßreihen durchgeführt. Bei der Auswahl der Empfänger waren die verschiedensten Gesichtspunkte maßgebend. Einerseits sollten möglichst Empfänger aller Preisklassen gemessen werden, wobei die mittlere Preisgruppe stärker repräsentiert sein sollte und gewisse Preisgrenzen nach oben und unten eingehalten werden mußten, andererseits sollten Empfänger möglichst vieler Hersteller vertreten sein. Diese Bedingungen führten zu einer Auswahl von Empfängern, die statistisch sicher nicht optimal ist, aber dennoch einen relativ guten



RF-Störabstände für Koffer- und Autoempfänger — Mittelwerte bei Monoempfang

Parameter:

- a) Autoempfänger
- b) Kofferempfänger der unteren Preisklasse
- c) Kofferempfänger der höheren Preisklasse
- d) RF-Schutzabstandskurve nach CCIR-Empfehlung 412-1



RF-Störabstände für Ballempfänger
Parameter:

- a) Mittelwerte bei Monoempfang
- b) Mittelwerte bei Stereoempfang
- c) RF-Schutzabstandskurve für Monoempfang nach CCIR-Empfehlung 412-1
- d) RF-Schutzabstandskurve für Stereoempfang nach CCIR-Empfehlung 412-1

Querschnitt durch das Angebot handelsüblicher Rundfunkempfänger darstellt.

Von den 28 ausgewählten Empfängern konnte ein Heimempfänger für die Messungen nicht verwendet werden, weil seine NF-Bandbreite nur 2 kHz betrug. Ein anderer Empfänger mußte mit externer Deemphasis versehen werden. An den verbleibenden 27 Rundfunkempfängern sowie an 2 Ballempfängern wurden die RF-Störabstände als Funktion des Frequenzabstandes zwischen Nutzsender und störendem Sender nach vorstehender Beschreibung ermittelt.

Da die Darstellung der Einzelergebnisse zu umfangreich und unübersichtlich wäre, wurden die Empfänger entsprechend ihrer normalen Verwendung in Gruppen eingeteilt, in denen wiederum eine Unterteilung nach Preisklassen vorgenommen wurde:

- 1. 4 Heimempfänger der unteren Preisklasse (ab 300 DM bis 400 DM)
 - 7 Heimempfänger mittlerer Preisklasse (ab 450 DM bis 650 DM)
 - 4 Heimempfänger höherer Preisklasse (ab 850 DM bis 1200 DM),

- 4 Kofferempfänger der unteren Preisklasse (ab 125 DM bis 200 DM)
 4 Kofferempfänger höherer Preisklasse (ab 200 DM bis 350 DM),
- 3. 4 Autoempfänger,
- 4. 2 Ballempfänger.

Aus den Meßwerten jeder Gruppe bzw. Preisklasse wurden die Mittelwerte nach DIN 55302 berechnet, und zwar aus den logarithmischen Größen (dB-Werten). Das entspricht der Bildung des geometrischen Mittelwertes und erscheint bei der Mittelung von üblicherweise in dB ausgedrückten Verhältniszahlen sinnvoller, da sich andernfalls, je nach Definition der Verhältniszahlen, unterschiedliche Resultate ergeben würden.

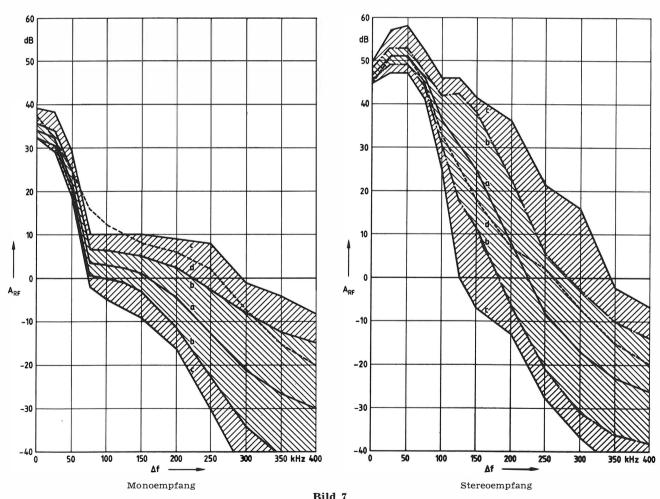
4.1. Selektionseigenschaften

Die Bilder 4 bis 6 zeigen die RF-Störabstände der verschiedenen Empfängerklassen. Zum Vergleich ist jeweils die Schutzabstandskurve nach CCIR-Empfehlung 412-1 eingezeichnet. In Bild 7 sind Mittelwerte, Streubereich bei Standardabweichung und Extremwerte aller Meßergebnisse an Heimempfängern dargestellt.

Bis auf geringfügige Überschneidungen werden die RF-Schutzabstände für Monobetrieb von den untersuchten Empfängern im Mittel in allen Preisklassen eingehalten. Anders sieht es dagegen bei Stereoempfang aus. Dort werden die RF-Schutzabstände im Bereich zwischen 100 kHz und 200 kHz Frequenzabstand zum Teil erheblich überschritten. Interessant dabei ist, daß die Schutzabstands-Empfehlung von den Heimempfängern der mittleren Preisklasse eingehalten wird, die Empfänger der unteren und insbesondere die der oberen Preisklasse dagegen in diesem Bereich deutlich schlechter sind. Die möglichen Unterschiede treten bei der Darstellung der Extremwerte in Bild 7 sehr deutlich hervor.

Zur Erläuterung dieses Empfängerverhaltens muß ein wenig näher auf die Entstehung der Nachbarkanalstörungen bei relativ geringen Frequenzabständen eingegangen werden. Selbstverständlich kann diese kurze Betrachtung nur sehr vereinfachend sein und nicht alle Zusammenhänge berücksichtigen.

Der störende Sender ist mit farbigem Rauschen frequenzmoduliert. Gemäß den Besselfunktionen entsteht ein rauschähnliches Frequenzspektrum, dessen Hauptenergie um den Störträger konzentriert ist.



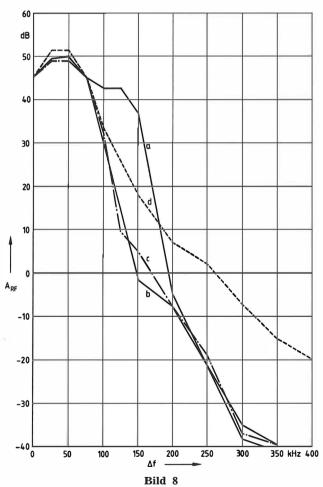
RF-Störabstände für Heimempfänger

- Parameter: Mittelwert
- b) Streubereich bei Standardabweichung
- c) Extremwerte
- d) RF-Schutzabstandskurve nach CCIR-Empfehlung 412-1

Ähnlich wie bei Störungen durch hochfrequentes Rauschen werden durch den störenden Sender "niederfrequente" Störkomponenten erzeugt, deren Frequenz dem Frequenzabstand zwischen Nutzträger und Störsignal enspricht und deren Amplitude mit dem Frequenzabstand zunimmt. Zum Störeindruck tragen nur die Anteile bei, die entweder direkt oder durch Decodierung bzw. nichtlineare Effekte in den Hörbereich fallen.

In den RF-Störabstandskurven für Stereoempfang entsteht, durch die Demodulation des geträgerten S-Signals im Stereodecoder, bei 38 kHz Frequenzabstand ein Maximum. Die Überhöhung der Störabstandskurven einiger Heimempfänger im Bereich zwischen 100 kHz und 200 kHz Frequenzabstand beruht darauf, daß einige Stereodecoder Harmonische von 38 kHz, insbesondere 3×38 kHz = 114 kHz, recht gut demodulieren.

Gerade bei "hochwertigen" Stereoempfängern wird, mit Rücksicht auf die linearen und nichtlinearen Verzerrungen sowie auf die Übersprechdämpfung, besonderer Wert auf eine große ZF-Bandbreite



RF-Störabstände eines Heimempfängers höherer Preisklasse für Stereoempfang

Parameter:

- a) gemessen mit internem Stereodecoder
- b) gemessen am Multiplex-Ausgang mit Meßdecoder über 60-kHz-Tiefpaß
- c) gemessen nach Ersatz des internen Stereodecoders durch anderen Decodertyp
- d) RF-Schutzabstandskurve nach CCIR-Empfehlung 412-1

gelegt. Daß daraus nicht zwangsläufig schlechtere Nachbarkanalstörabstände resultieren müssen, zeigt eine einfache Messung. In **Bild 8** sind die RF-Störabstände eines der untersuchten Empfänger dargestellt:

- a) mit internem Stereodecoder,
- b) gemessen am Multiplex-Ausgang mit Meßdecoder über einen 60-kHz-Tiefpaß,
- c) gemessen nach Ersetzen des internen Stereodecoders durch einen anderen Decodertyp.

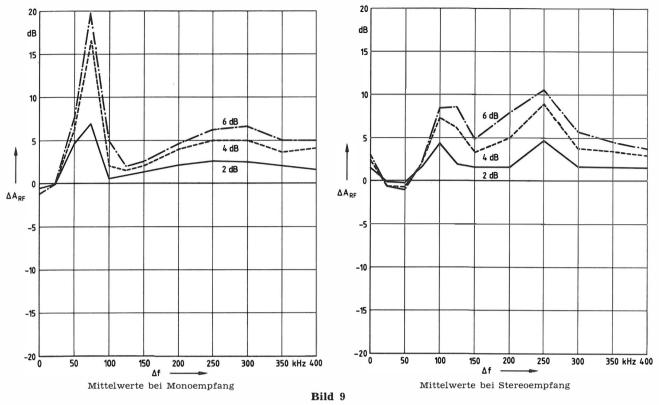
Obgleich die Tiefpaßdämpfung bei 114 kHz nur 26 dB beträgt und bis 150 kHz auch nur auf 32 dB ansteigt, ist die Verbesserung der RF-Störabstände beachtlich. Dagegen bringt es selbst dem anspruchsvollsten Rundfunkteilnehmer keinen Qualitätsvorteil, wenn dem Stereodecoder ein Multiplexsignal zugeführt wird, das über 53 kHz hinausgeht. Die Kurve c) zeigt, das die RF-Störabstände auch ohne zusätzlichen Aufwand, lediglich durch Verwendung geeigneter Stereodecoder, verbessert werden könnten.

4.2. Einfluß des Frequenzhubes

Der Wunsch der Rundfunkanstalten, ihre Sender "hörbar" zu machen, hat im Mittelwellenbereich zu einer unzweckmäßigen Erhöhung der Senderleistungen geführt. Im UKW-FM-Hörrundfunk hat der Frequenzhub direkten Einfluß auf die Hörbarkeit der Sender. Ein zu niedrig ausgesteuerter Sender hört sich im Empfänger leise an. Der Geräuschspannungsabstand ist geringer und die Grenzen der Empfangswürdigkeit werden eher erreicht. Sieht man einmal von den Empfängerbandbreiten ab, so sind einer Erhöhung des Frequenzhubes auch durch die Festlegung der Systemparameter Grenzen gesetzt. Der zulässige Spitzenhub wurde mit ±75 kHz international vereinbart. Darauf ist die gesamte Frequenzplanung ausgerichtet, da dieser Parameter indirekt Bestandteil der Schutzabstandkurven ist. In der Beschreibung des Meßverfahrens wurde darauf hingewiesen, daß der Frequenzhub die hochfrequenten Störabstände erheblich beeinflussen kann. Somit kann eine Erhöhung des Frequenzhubes der Rundfunksender über den systemgerechten Maximalwert hinaus zu vergrößerten Nachbarkanalstörungen führen und damit eher eine Beeinträchtigung der Übertragungsqualität bewirken als deren Verbesserung.

Wegen der Bedeutung dieser Zusammenhänge wurden die RF-Störabstände der untersuchten Rundfunkempfänger auch mit erhöhtem Frequenzhub gemessen. Der Spitzenhub wurde dabei allerdings auf ± 75 kHz begrenzt. Die mittlere Änderung der RF-Störabstände ist für die Heimempfänger in den Bildern 9 und 10 dargestellt. Bei Einbeziehung der Koffer- und Autoempfänger ändern sich die Kurven für Monobetrieb nur unwesentlich. Auf die Berücksichtigung der Ballempfänger wurde bewußt verzichtet, da diese Geräte nach ganz anderen Gesichtspunkten konzipiert sind als Heimempfänger.

Wird lediglich der Hub des störenden Senders erhöht (Bild 9), so ist in weiten Bereichen mit einer Zunahme der Nachbarkanalstörungen zu rechnen. Wird der Bezugspegel für das Nutzsignal mit angehoben (Bild 10), dann werden die Verhältnisse etwas günstiger, im Gleichkanalfall werden die RF-Stör-



Einfluß des Frequenzhubes des störenden Senders auf die RF-Störabstände für Heimempfänger
Parameter: Huberhöhung

abstände sogar verbessert. Auffallend an den Kurven für Stereoempfang ist die deutliche Verbesserung der RF-Störabstände im Bereich um 38 kHz Frequenzabstand. Durch die Verbreiterung des Frequenzspektrums nimmt die Energie in der Nähe des Störträgers ab. Solange der störende Sender einen Frequenzabstand hat, der im Bereich des geträgerten S-Signals liegt, resultiert daraus eine Verminderung der Störungen. Betrachtet man aber die Exremwerte für eine Anhebung des Frequenzhubes um 2 dB (Bild 11), so ist zu erkennen, daß auch bei gleichzeitiger Erhöhung des Bezugspegels in einigen Fällen doch erhebliche Beeinträchtigungen zu erwarten sind, und zwar keineswegs nur bei Empfängern der unteren Preisklasse.

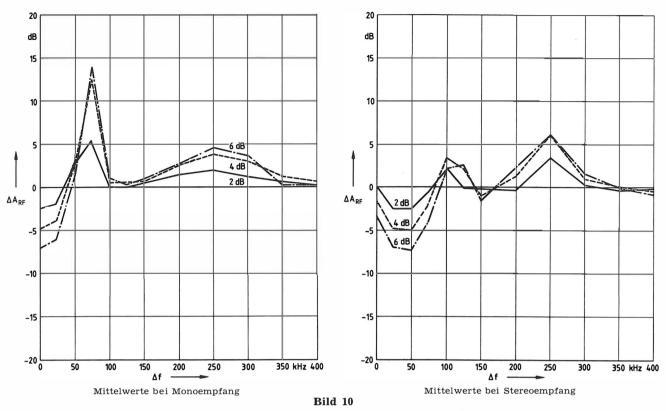
4.3. Großsignalverhalten

Für die Ermittlung des Empfängerverhaltens bei großen RF-Eingangssignalen gibt es genormte Meßverfahren, die alle mehr oder weniger gut geeignet sind. Da im Rahmen dieser Untersuchung jedoch im wesentlichen die Übereinstimmung mit den RF-Schutzabstandskurven nach CCIR- Empfehlung 412-1 interessierte, wurden die RF-Störabstände mit mehreren Nutzsignalpegeln ermittelt. Die pegelabhängige Änderung der RF-Störabstände läßt ebenfalls einige Rückschlüsse auf das Großsignalverhalten der Rundfunkempfänger zu.

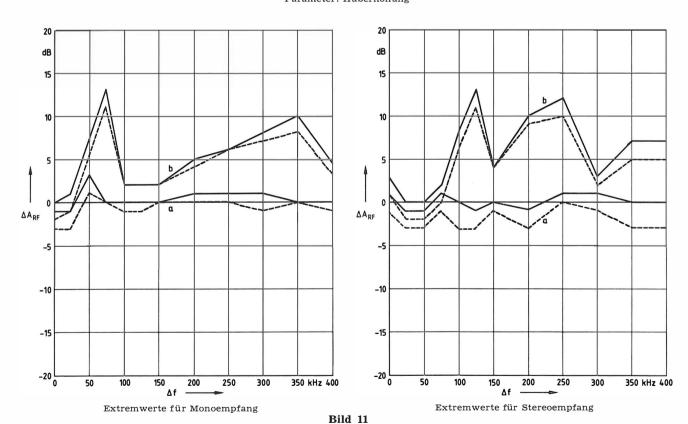
In Bild 12 sind die RF-Störabstandsänderungen für Heimempfänger als Funktion des Frequenzabstandes dargestellt. Parameter sind die RF-Pegeländerung und die Preisklasse der Empfänger. Bild 13 zeigt die mittlere Störabstandsänderung aller Heimempfänger. Zusätzlich sind Extremwerte und Streu-

bereich bei Standardabweichung eingetragen, der Übersichtlichkeit wegen jeweils nur in eine Richtung. An sich sollten die RF-Störabstände unabhängig vom Nutzsignalpegel sein. Bis 200 kHz Frequenzabstand ist das auch weitgehend der Fall. Ab 300 kHz ist die Änderung der RF-Störabstände im Mittel schon halb so groß wie die RF-Pegeländerung, d. h. bei 10 dB Anhebung des Nutzsignalpegels verschlechtern (erhöhen!) sich die RF-Störabstände um etwa 5 dB. Die Unterschiede zwischen den Preisklassen sind zwar deutlich, aber nicht erheblich. Auch hier könnte der Eindruck entstehen, daß die Empfänger der oberen Preisklasse ein ungünstigeres Verhalten zeigen als die der mittleren und unteren Preisklasse. Die teureren Geräte haben in diesem Frequenzbereich aber schon erheblich bessere RF-Störabstände, d. h. der Störsignalpegel ist zum Teil um mehr als 20 dB höher als bei Empfängern mit schlechteren Selektionseigenschaften. Es ist kaum verwunderlich, daß der RF-Pegel dann einen größeren Einfluß auf die Störabstände hat. Andererseits ist jedoch nicht auszuschließen, daß die RF-Störabstände einiger Rundfunkempfänger bei großen Frequenzabständen nur deshalb so schlecht sind, weil ihr Großsignalverhalten unzureichend ist.

Einige Besonderheiten sind in den Kurven für Stereoempfang (Bild 12 rechts) zu erkennen. Abgesehen von den Empfängern der oberen Preisklasse werden die RF-Störabstände bei Absenkung des Nutzsignalpegels in Abhängigkeit von der Frequenz zunächst einmal schlechter. Bei annähernd 200 kHz Frequenzabstand schneiden sich die Kurven, die Verbesserung wird jedoch nicht so groß wie bei Monoempfang. Daran ist zu erkennen, daß der Geräusch-

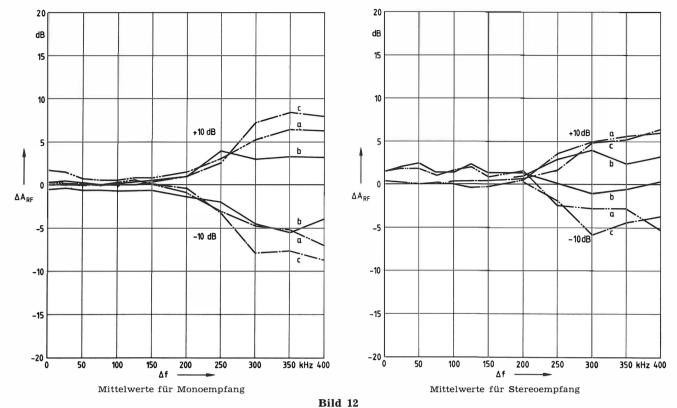


Einfluß des Frequenzhubes von Nutzsender und störendem Sender auf die RF-Störabstände für Heimempfänger Parameter: Huberhöhung



Einfluß einer Huberhöhung um 2 dB auf die RF-Störabstände für Heimempfänger Parameter:

- a) Maxima
- b) Minima
- Huberhöhung des störenden Senders
 Huberhöhung von Nutzsender und störendem Sender



Einfluß des Nutzsignalpegels auf die RF-Störabstände für Heimempfänger

Parameter:

- a) Empfänger der unteren Preisklasse
- b) Empfänger der mittleren Preisklasse
- Empfänger der höheren Preisklasse
 - 10 dB: Pegelabsenkung um 10 dB + 10 dB: Pegelanhebung um 10 dB

spannungsabstand, auch ohne störenden Sender, bei reduziertem Nutzsignalpegel für Stereomessungen schon recht klein ist. Sechs der untersuchten Heimempfänger konnten deshalb in den entsprechenden Ergebnissen nicht berücksichtigt werden, davon zwei aus der unteren und vier aus der mittleren Preisklasse.

4.4. Weitabselektion

Die RF-Schutzabstandkurven sind lediglich bis 400 kHz Frequenzabstand zum Nutzsender festgelegt. Dabei wird stillschweigend vorausgesetzt, daß die RF-Störabstände der Rundfunkempfänger mit zunehmendem Frequenzabstand besser werden, zumindest aber nicht wieder ansteigen, denn es erscheint relativ sinnlos, wenn störende Sender mit 400 kHz Frequenzabstand unterdrückt werden, weiter abliegende Sender aber kräftig stören. Leider ist jedoch festzustellen, daß etwa 87 % (20 von 23) der daraufhin untersuchten Rundfunkempfänger bei größeren Frequenzabständen wieder stärker gestört werden. Störungsmaxima liegen jeweils bei Frequenzabständen, die Subharmonischen der Zwischenfrequenz entsprechen. Besonders ungünstig werden die Störverhältnisse, wenn ein störender Sender auf der Oszillatorfrequenz einfällt ($\Delta f = ZF$). Aber auch ungefähr im Abstand der AM-Zwischenfrequenzen ($\Delta f \approx 450 \text{ kHz}$) sind die Störungen zum Teil größer als bei 400 kHz Frequenzabstand.

Betrachtet man von den 27 untersuchten Rundfunkempfängern nur die 15 Geräte, die den für 400 kHz Frequenzabstand empfohlenen RF-Schutzabstand einhalten, so ergeben sich die in **Tabelle 1** dargestellten Verhältnisse.

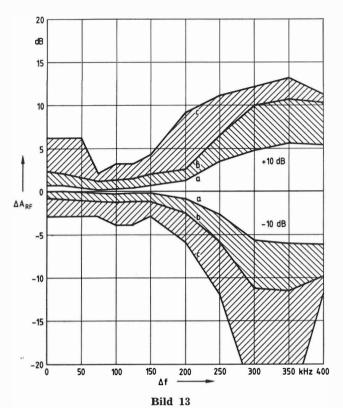
	Anteil der Empfänger			
Δf	stärker gestört als bei 400 kHz Frequenzabstand	$oxed{A_{ m RF} \ge -20 \; ext{dB}}$	${\rm A_{RF}} \ge 0 \; {\rm dB}$	
ZF ZF/2 AM-ZF	73 °/o 47 °/o 33 °/o	60 º/o 20 º/o 7 º/o	40 º/o 0 º/o 0 º/o	

Tabelle 1
RF-Störungen bei mehr als 400 kHz Frequenzabstand

Die Ballempfänger wurden in dieser Aufstellung bewußt nicht berücksichigt, da sie als professionelle Geräte doch mit erheblich größerem Aufwand realisiert sind.

5. Schlußfolgerungen

Betrachtet man die Rundfunkempfänger nicht für sich allein als Einzelobjekte, sondern als Teil des gesamten UKW-FM-Übertragungssystems, so kommt den Selektionseigenschaften, und zwar der Betriebs-



Einfluß des Nutzsignalpegels auf die RF-Störabstände für Heimempfänger bei Monoempfang

Parameter:

- a) Mittelwerte
- b) Streubereich bei Standardabweichung
 - Extremwerte
 - -10 dB: Pegelabsenkung um 10 dB
 - +10 dB: Pegelanhebung um 10 dB

selektion, eine mindestens ebenso große Bedeutung zu wie allen übrigen Qualitätsparametern. Nach den Untersuchungen an handelsüblichen Rundfunkempfängern muß die Frage gestellt werden, ob nicht einige der Geräte nach falschen oder zumindest falsch gewichteten Gesichtspunkten konzipiert sind und ob eine andere Verteilung der Schwerpunkte im Empfängerkonzept bei gleichem Aufwand nicht zu einer Verbesserung der Übertragungsqualität führen könnte.

Es kann jedoch festgestellt werden, daß die Selektionseigenschaften der untersuchten Rundfunkempfänger im Mittel besser sind als bei der Vereinbarung der CCIR-Empfehlung 412-1 zugrunde gelegt wurde. Das gilt insbesondere für Monoempfang. Die RF-Störabstände vieler Stereoempfänger könnten ohne zusätzlichen Aufwand verbessert werden, allein durch den Einsatz anderer Stereodecoder. Es wird immer preiswerte Empfänger geben, die die Möglichkeiten eines Übertragungssystems nicht voll ausnutzen können. Um der Mehrzahl der Rundfunkteilnehmer eine brauchbare Übertragungsqualität zu

gewährleisten, muß sich die Festlegung der Systemparameter – in diesem Fall der RF-Schutzabstände – aber nach dem Mittel der Rundfunkempfänger richten, soweit diese dem Stand der Technik entsprechen. Dabei darf und muß davon ausgegangen werden, daß einfache technische Mittel zur Verbesserung der Empfängereigenschaften auch genutzt werden. Hochwertigen Empfängern wird damit die Möglichkeit gegeben, eine bessere Übertragungsqualität zu erzielen.

Dem Großsignalverhalten der Empfänger sollte größere Beachtung geschenkt werden. Es sind doch erhebliche Unterschiede zwischen Empfängern der gleichen Preisklasse festzustellen. Zum Teil werden die RF-Störabstände der Empfänger bei großen Frequenzabständen nicht mehr durch ihre Selektion, sondern überwiegend durch mangelnde Großsignalfestigkeit bestimmt. Ähnliche Feststellungen können für die Weitabselektion getroffen werden. Wenn ein Sender auf der Oszillatorfrequenz mehr stört als in 400 kHz Abstand zum Nutzsender, so ist die Ursache nur in den seltensten Fällen in den Selektionseigenschaften des Empfängers zu suchen. Vielmehr sollte z. B. überdacht werden, ob eine selbstschwingende Mischstufe bei den heutigen Halbleiterpreisen wirklich noch dem Stand der Technik entspricht und ob ein weiterer Transistor zur besseren Entkopplung zwischen Oszillator und Mischstufe letzten Endes nicht mehr Gewinn bringt als Kosten verursacht. Mehrfachempfangsstellen mögen zwar einen unvoreingenommenen Rundfunkteilnehmer über die Qualität eines Rundfunkempfängers täuschen, ein Beitrag zur Frequenzökonomie sind sie jedoch nicht.

Nachdrücklich muß auch davor gewarnt werden, senderseitig den vereinbarten Frequenzhub zu überschreiten. Selbst bei Begrenzung des Spitzenhubes auf $\pm 75 \,\mathrm{kHz}$ ist mit den gegenwärtigen RF-Schutzabständen, besonders bei hochwertigen Empfängern, eine beachtliche Zunahme der Nachbarkanalstörungen zu verzeichnen, wenn der mittlere Frequenzhub erhöht wird. Zwar ist das Rundfunkprogramm kein Meßsignal und die richtige Aussteuerung nicht immer ganz einfach, es sollte aber stets bedacht werden, daß es nicht darum geht einen Sender gut zu hören, sondern die Möglichkeiten eines bestehenden umfangreichen und sorgfältig geplanten Sendernetzes optimal zu nutzen.

SCHRIFTTUM

- CCIR: Standards for frequency-modulation sound broadcasting in band 8 (VHF). Rec. 412-1. XIIIth Plenary Assembly, Geneva, 1974, Bd. X, S. 109. Hrsg. v. d. UIT, Genf 1975.
- [2] CCIR: Determination of radio-frequency protection ratio for frequency-modulation broadcast receivers; objective two-signal method of measurement. Draft Report AL/10, 1978.
- [3] Mielke, E.-J.: Ein objektives Zweisignal-Meßverfahren zur Messung von RF-Störabständen an FM-Tonrundfunkempfängern. Rundfunktechn. Mitt. 19 (1975), S. 110—119.

RAUM- UND BAUAKUSTISCHE ANFORDERUNGEN AN STUDIO- UND REGIERÄUME DES HÖRFUNKS AUS HEUTIGER SICHT

BERICHT ÜBER EIN SEMINAR IM INSTITUT FÜR RUNDFUNKTECHNIK IN MÜNCHEN, 27. APRIL 1978

1. VORWORT

VON GEORG PLENGE, INSTITUT FÜR RUNDFUNKTECHNIK, MÜNCHEN

Die Qualität und der Nutzungswert eines Rundfunkstudios werden sehr wesentlich von seinen raum- und bauakustischen Eigenschaften bestimmt. 1961 hat die ARD auf der Grundlage von Untersuchungen des IRT für Studioneubauten Empfehlungen für die zulässigen Geräuschpegel herausgegeben, die bis heute gültig sind. In den mehr als 20 Jahren, die seit der Erarbeitung der Grundlagen für diese Empfehlungen bis heute vergangen sind, haben sich selbstverständlich viele Dinge im Rundfunk gewandelt; es erschien uns notwendig, über die damals empfohlenen Werte erneut nachzudenken und zu überprüfen, ob die seinerzeit formulierten, relativ hohen Anforderungen an die Geräuschfreiheit von Rundfunkstudios weiter aufrecht erhalten werden sollen oder gegebenenfalls geändert werden können.

Die Änderungen, die für die hier anstehende Frage relevant sein können, haben sich nun in sehr verschiedenen Bereichen vollzogen.

Dazu zählen insbesondere

- Änderungen in der Bautechnologie und Bauweise der Studios,
- Änderungen in der Baukonzeption und Organisation

- ganzer Funkhäuser (Studios sind heute auch in den oberen Etagen von Hochhäusern zu finden),
- Änderungen bzw. Verbesserungen in der Tonaufnahme- und Speichertechnik sowie in der Aufnahmephilosophie (Einführung neuer Techniken wie Quadrofonie und Kunstkopftechnik),
- Verbesserungen in der Sendertechnik,
- und schließlich auch Änderungen in der Qualität der Heimempfänger.

Wegen dieser Vielfalt der möglichen Einflüsse war uns nun daran gelegen, nicht nur die Meinung der Fachleute dieser verschiedenen Bereiche einzuholen, sondern vielmehr in einer ausführlichen Diskussion der Fachleute zu einer Klärung strittiger Fragen auch zwischen den Bereichen zu kommen.

Am 27. April dieses Jahres hat im IRT ein Seminar stattgefunden, in dem am Vormittag zunächst eine Reihe von Vorträgen gehalten wurde, während am Nachmittag in einer ausführlichen Diskussion versucht wurde, eine Antwort auf die Frage zu finden, ob die in Rede stehenden Grenzkurven nun beibehalten werden sollen oder nicht. Die folgenden Beiträge zeigen die Meinungen verschiedener Fachleute zu diesem Thema.

2. HÖCHSTZULÄSSIGE STÖRGERÄUSCHPEGEL FÜR STUDIOS UND REGIERÄUME VON WALTER KUHL, INSTITUT FÜR RUNDFUNKTECHNIK, MÜNCHEN

2.1. Einleitung

Bereits 1954 hat der Verfasser in einem internen Bericht Frequenzkurven der zulässigen Geräuschpegel je Oktave für Hörfunkstudios, Konzertsäle und Theater vorgeschlagen. Sie wurden 1959 durch Grenzkurven für große Fernsehproduktionsstudios und Regieräume ergänzt (Akustische Informationen 1.11-1 des Instituts für Rundfunktechnik und [1]) und 1961 von der ARD für Studioneubauten empfohlen.

Die Grenzkurve für Hörfunkstudios gilt in erster Linie für Studios, in denen leise Schallquellen aufgenommen werden. Darauf wurde in allen Mitteilungen ausdrücklich hingewiesen. Da aber in Musikstudios gelegentlich auch leise einzelne Instrumente aufgenommen werden und der Schallpegel bei Pianissimostellen von Kammermusik und sinfonischer Musik geringer ist als bei leiser Sprache, hat die Grenzkurve allgemeine Gültigkeit. In Studios, die ausschließlich für die Aufnahme von Tanzmusik oder Popmusik dienen, sind höhere Geräuschpegel zulässig, ebenfalls bei der Anwesenheit von Publikum (Akustische Informationen 1.11-4 und [1]). Die zulässigen Störpegel gelten nicht nur für zeitlich konstante Geräusche wie das Rauschen einer Klimaanlage, sondern auch für lang andauernde, zeitlich veränderliche Geräusche wie Verkehrsgeräusche und vor allem Musik und Sprache aus anderen Studios und aus Regieräumen, die unhörbar sein müssen.

2.2. Hörfunkstudios für leise Schallquellen

2.2.1. Spektren bei der Aufnahme von Sprache

Wie die in diesen Studios zulässigen Pegel gefunden wurden, ist in früheren Veröffentlichungen beschrieben: "Wenn ein unvermeidliches Grundgeräusch vorhanden ist, so ist es zweckmäßig, das Spektrum des Geräusches, für das zulässige Werte aufgestellt werden, dem vorhandenen Spektrum anzupassen, damit die Störung möglichst klein ist. Man kommt so zu der akustisch und wirtschaftlich günstigsten Lösung. Für die Klimaanlage eines Studios für leise Schallquellen besteht die Forderung, daß durch ihr Geräusch das Mikrofonrauschen, das in langer Entwicklung soweit wie möglich herabgesetzt wurde, nicht erhöht wird. Das Tonbandrauschen ist hier ohne Einfluß. Der Geräuschpegel der Lüftungsanlage wird bei mittleren und hohen Frequenzen unter den Rauschpegel guter Kondensatormikrofone gelegt. Bei tiefen Frequenzen wäre diese Forderung unnötig scharf, da das Mikrofonrauschen dort unter der Hörschwelle liegt. Man könnte die Sollkurve dort auf die Hörschwelle legen, wenn der Wiedergabepegel im Regieraum und zu Hause gleich dem Aufnahmepegel wäre. Er ist aber oft bis zu 15 dB größer, wodurch tieffrequente Störgeräusche, die im Studio selbst nicht hörbar sind, bei der Wiedergabe hörbar werden und stören. Um eine kleine Reserve zu haben, wurden die zulässigen Pegel bei tiefen Frequenzen um 5 dB unter die Hörschwelle gelegt."

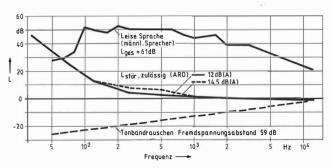


Bild 1 Studios für leise Schallquellen Terzpegelspektren

Als Beispiel für eine leise Schallquelle ist in **Bild 1** das Terzpegelspektrum leiser Sprache eines männlichen Sprechers nach Tarnóczy [2] und Kuhl [3] angegeben. Der Gesamtpegel beträgt 61 dB, für die Vollaussteuerung wurde zur Reserve ein Pegel von 65 dB angenommen. Das ebenfalls eingetragene Rauschen heute üblicher Tonbänder hat einen Fremdspannungsabstand von 59 dB. Die nach der ARD-Empfehlung zulässigen Geräuschpegel mit der zulässigen Abweichung (gestrichelte Kurve) ergeben einen bewerteten Gesamtpegel von 14,5 dB (A).

2.2.2. Spektren bei der Wiedergabe von Sprache

Bei leiser Sprache ist der Wiedergabepegel bekanntlich bis zu 15 dB höher als der Aufnahmepegel. Das ist auch von Völker [4] bestätigt worden. Der Sprachpegel würde dann im vorliegenden Fall 76 dB betragen, der bewertete Störgeräuschpegel 30 dB (A). Das Störgeräusch wird bei Monowiedergabe punktförmig lokalisiert und ist in den Sprachpausen auch bei einem Pegel des diffusen Raumgeräuschs von 30 dB (A), wie er z.B. für Sitzungs-, Direktions- und Leseräume nach der VDI-Richtlinie 2081 zugelassen ist, störend; erst recht störend aber bei 25 dB (A), dem für die Nachtzeit nach VDI 2081 in Bettenräumen von Krankenhäusern, Hotels (und sinngemäß in Wohnräumen) zugelassenen Pegel. Wenn in leisen Studios NR 20, entsprechend 30 dB (A), zugelassen wäre, würde der Störpegel bei der Wiedergabe bis zu 45 dB (A) betragen (Bild 2). Das ist indiskutabel.

Vor vielen Jahren wurden einige Studios des Südwestfunks hinsichtlich ihrer Klimaanlage in zwei Klassen geteilt. Die Klimaanlage wurde entweder akustisch beanstandet und gelegentlich oder oft bei Aufnahmen ausgeschaltet oder sie wurde nicht beanstandet. Die Geräuschpegel an der Grenze der beiden Klassen entsprechen den nach der ARD-Empfehlung zulässigen Geräuschpegeln, deren Berechtigung damit in der Praxis bewiesen wurde. Kleine Abweichungen davon führten zu den nach der ARD zulässigen Überschreitungen. Gleiche Erfahrungen wurden in anderen deutschen Studios

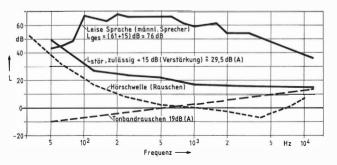
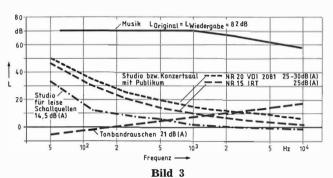


Bild 2 Sprach- und Störschall-Terzpegelspektren Pegelerhöhung 15 dB

bei Luftschall- und Körperschallstörungen gemacht, und zwar dann, wenn sie keine allseitige innere Schale auf Federn hatten. Ein schwimmender Estrich auf 1,5 cm bis 5 cm dicken Faserplatten bzw. Fasermatten anstelle eines Federbodens genügt nicht. Das hat sich in einem Funkhaus gezeigt, dessen innere Studiowände auf Federn stehen.

2.2.3. Störquellen bei Musikaufnahmen

Bild 3 zeigt das Spektrum von Kammermusik mit einem Höchstpegel von 82 dB. Bei der gleich lauten Wiedergabe ist das zugelassene Studiogeräusch auch in den Pausen nicht hörbar, wohl aber das Tonbandrauschen. Obwohl es einen bewerteten Pegel von nur 21 dB (A) hat, ist seine wahre Lautstärke wesentlich größer, da die A-Bewertung besonders bei hohen Frequenzen und bei Rauschen falsch ist. Es ist also verständlich, daß manche Hörer das über den anderen Geräuschquellen liegende Tonbandrauschen bemängelt haben und man die Benutzung anderer Tonbänder erwägt. Die Anforderungen an die Störfreiheit von Rundfunkübertragungen werden also nicht geringer, sie steigen eher.



Musik und Störgeräusche Terzpegelspektren

Wenn Publikum in einem Konzertsaal oder Studio anwesend ist, dürfen die Geräuschpegel der Klimaanlage nach der VDI-Richtlinie 2081 NR 20 oder NR 25 nicht überschreiten; außerdem ist gefordert, daß der bewertete Schallpegel 25 dB (A) oder 30 dB (A) nicht übersteigt. Die IRT-Empfehlung (Akustische Informationen 1.11-4 und [1]) sieht dafür NR 15 vor, was bei voller Ausnutzung in allen Frequenzbereichen ebenfalls zu 25 dB (A) führt. Bei einer Wiedergabe mit dem Originalpegel sind die gleichen Störpegel vorhanden. Bild 3 zeigt, daß auch dann bei hohen Frequenzen das Tonbandrauschen am meisten stört.

Wenn die Dynamik sinfonischer Musik zu groß ist, wird sie vom Tonmeister oben und unten auf etwa 40 dB eingeengt. Ob die damit verbundene Anhebung des Geräuschpegels zu größeren Störungen führt, hängt vom Schallpegel bei der Wiedergabe ab. Die Dynamik ist nicht zuletzt durch das Bandrauschen gegeben, das im vorliegenden Fall bei einem Musikpegel von 82 dB einen bewerteten Pegel von 21 dB (A) hat. Die wahre Lautstärke ist entschieden höher wegen des hohen Rauschpegels bei hohen Frequenzen und der dort zu geringen A-Bewertung. Die Verwendung rauschärmerer Bänder wird, wie bereits erwähnt, diskutiert. Entsprechend kleiner muß dann auch der Störpegel im Studio sein. Die Forderungen sind also gegenüber früher nicht gesunken, sondern sie steigen eher, zumal die Wiedergabelautstärke heute durchweg höher ist als vor 20 Jahren. Der mögliche Pegel nach der HiFi-Norm beträgt 95 dB in 1 m Entfernung.

2.3. Große Fernsehproduktionsstudios

Die zulässigen Geräuschpegel wurden so gewonnen, daß typische Studiostörgeräusche in Programmpausen

analysiert wurden. Die zulässigen Pegel anderer Störgeräusche wurden etwas darunter gelegt. Sie entsprechen ungefähr NR 20, d. h. 30 dB (A). Diese Werte haben sich in der Praxis oft bewährt. Bei höherem Pegel wurden die Klimaanlagen abgeschaltet. Bei intimen Aufnahmen sind sogar die zulässigen Pegel etwas zu hoch.

2.4. Regieräume (ohne Magnettongeräte)

Die Festlegung der zulässigen Werte ging von denselben Überlegungen aus wie bei den Studios für leise Schallquellen. Lediglich bei tiefen Frequenzen liegen die zulässigen Pegel um 5 dB höher, d. h. direkt auf der Hörschwelle. Der bewertete Gesamtpegel ist 16,5 dB (A). Bei einer Sitzung der Arbeitskommission Akustik im November 1969 wurden Tests mit 17 Versuchspersonen in fünf getrennten Gruppen gemacht. Rauschen oder Netzbrummen mit einem typischen Spektrum wurde in einem reflexionsfreien Raum wiedergegeben. Die Frequenzkurve entsprach der ARD-Empfehlung. Der Pegel wurde geändert. Die Frage war: "Welchen Pegel dieses

Geräuschs würden Sie bei der Arbeit im Regieraum zulassen?" Die Testergebnisse waren: Rauschen 16–20 dB (A), Mittel 17 dB (A); Brummen 13–23 dB (A), Mittel 18 dB (A). Die alte ARD-Empfehlung wurde also bestätigt. In Regieräumen mit Magnettongeräten sind Geräuschpegel gemäß NR 20 zulässig.

SCHRIFTTUM

- [1] Kuhl, W.: Zulässige Geräuschpegel in Studios, Konzertsälen und Theatern. Acustica 14 (1964), S. 355 bis 360.
- [2] Tarnóczy, T.: Sprachliche Verschiedenheiten, erhalten durch Sprechchormethode. Fourth International Congress on Acoustics, Congress Report I, G 27.
- [3] Kuhl, W.: Das Zusammenwirken von direktem Schall, ersten Reflexionen und Nachhall bei der Hörsamkeit von Räumen und bei Schallaufnahmen. Rundfunktechn. Mitt. 9 (1965), S. 170 bis 183.
- [4] Völker, E. J.: Akustik und Aufnahmetechnik im modernen Hörfunk- und Fernsehstudio — Anforderungen im Wandel. Nachrichtentechn. Fachber. 56 (1976), Hörrundfunk 4, S. 199 bis 207.

3. ÜBERLEGUNGEN ZUM MÖGLICHEN DYNAMIKUMFANG AUF DER STRECKE VOM STUDIO BIS ZUM HEIMEMPFÄNGER

VON HORST JAKUBOWSKI, INSTITUT FÜR RUNDFUNKTECHNIK, MÜNCHEN

Beim Aufstellen der raum- und bauakustischen Anforderungen an Studio- und Regieräume des Hörfunks sollte auch in Betracht gezogen werden, was die Strecke zwischen Studio und Heimempfänger zu übertragen vermag. Sehr hohe Anforderungen, die zu entsprechend teuren Lösungen im Studiobau führen, müßten vermieden werden, wenn die Qualität der im Studio erzeugten Produkte doch nicht ohne signifikante Einbußen bis zum Hörer zu bringen wäre. Andererseits muß aber gewährleistet sein, daß die Qualität der Quelle, nämlich diejenige, die das Aufnahmestudio erlaubt, nicht geringer ist als die der nachfolgenden Übertragungskette.

Eine kurze Betrachtung soll zeigen, mit welcher Qualität auf den einzelnen Abschnitten zu rechnen ist. Zuvor muß jedoch erläutert werden, was unter dem sehr allgemeinen Begriff "Qualität" zu verstehen ist. Aus der Vielzahl der qualitätsbestimmenden Parameter soll hier lediglich der Dynamikumfang betrachtet werden, den die einzelnen Abschnitte zu übertragen erlauben, ausgedrückt als Geräuschspannungsabstand vom Nominalpegel.

Den Anstoß zu derartigen Betrachtungen gab, unabhängig von raum- und bauakustischen Überlegungen, die an das IRT gerichtete Aufforderung, die Möglichkeit des Einsatzes von Kompandern bei der UKW-Übertragungstechnik zu untersuchen. Ziel einer solchen Technik wäre die Verbesserung des "Dynamikengpasses HF-Strecke". Die nachfolgenden Werte, die sich für die Geräuschspannungsabstände der einzelnen Teile dieses Streckenabschnittes ergeben, zeigen jedoch, daß dieser Abschnitt nicht der eigentliche Schwachpunkt der Gesamtübertragungskette ist. Die angegebenen Werte gelten für stereofonen Betrieb und sind entsprechend CCIR Rec. 468, also mit der "neuen" Bewertungskurve gemessen.

Von UKW-Sendern wird nach Pflichtenheft ein Geräuschspannungsabstand von $a_{\rm Ger}$ = 57 dB gefordert. Vom IRT an mehreren Sendern vorgenommene Messungen erbrachten Ergebnisse, die zwischen 62 dB und 67 dB liegen.

Bei einer Antenneneingangsspannung von $U_e=0.5~mV$ wird von einem Ballempfänger ein Geräuschspannungsabstand von $a_{\rm Ger}=56~dB$ verlangt. Im Mittel werden Werte von 58 dB erreicht, Maximalwerte von 64 dB sind auch schon gemessen worden.

Gute Heimempfänger, und gerade diese müssen berücksichtigt werden, denn Beanstandungen über zu geringe Störabstände werden vorzugsweise von Besitzern solcher Geräte kommen, haben bei einer Eingangsspannung von 0,5 mV an 75 Ω im Mittel einen Geräuschspannungsabstand von 61 dB, aber auch Werte von 66 dB werden erreicht.

Eingangsspannungen von 0,5 mV an 75 Ω sind bei mittlerem Antennenaufwand, einer 4-Element-Yagi-Antenne, aus der für ländliche Gebiete empfohlenen Mindestfeldstärke von 0,5 mV/m in 10 m Höhe erreichbar. In der Regel sind die Feldstärken dank einer entsprechenden Sendernetzplanung sogar deutlich größer.

Aus diesen Werten kann man entnehmen, daß der aus den aufgeführten Gliedern bestehende Übertragungsweg in einem als "versorgt" gekennzeichneten Bereich einen Geräuschspannungsabstand verspricht, der in der Summe noch deutlich besser ist als der eines anderen Gliedes der Gesamtkette: des Studiotonbandes. Das Ruherauschen des heutigen Standard-Studiotonbandes liegt bei einem Abstand von 54 dB, das bedeutet, bei einem guten Empfänger und entsprechend guten Abhörbedingungen wird nicht die "HF-Strecke", sondern das Tonband das dynamikbegrenzende Element sein. Will man den Dynamikumfang, den die "HF-Strecke" bietet, voll nutzen bzw. mittels Kompandertechnik noch verbessern, so muß aus den angestellten Betrachtungen die Forderung nach einer Erhöhung des Dynamikumfanges des Studiotonbandes abgeleitet werden.

Die bisherigen Überlegungen gelten, wie schon ausgeführt, für den Fall guter Versorgung. In den Randgebieten des Versorgungsbereiches kann es natürlich anders aussehen. Hier sind die in Heimempfängern erzielbaren Geräuschspannungsabstände unter Umständen bedeutend geringer. Um dem abzuhelfen sind ja auch die anfangs erwähnten Untersuchungen im Gange, inwieweit ein Kompandersystem gewinnbringend einzusetzen wäre. Prinzipiell bedeutete dies, einen Kompressor vor dem Sender zu verwenden, das komprimierte Signal abzustrahlen und am Empfänger wieder zu expandieren und somit den Empfangsdynamikbereich um den Kompandergewinn zu erweitern.

Bei einer solchen Verfahrensweise ergeben sich zwei grundlegende Probleme:

 Die Hörer, die keinen Expander besitzen, und mindedestens in der Übergangszeit nach Einführung eines solchen Systems wären es sehr viele, bekämen ein komprimiertes Signal angeboten. Daraus können sowohl Nachteile als auch Vorteile resultieren.

Nachteilig wäre, daß diese Hörer ein von der Originaldynamik abweichendes Schallereignis angeboten bekämen. Bei bestimmten Aufnahmen kann eine derartig erzielte Dynamikeinengung um z. B. 15 dB als unangenehm empfunden werden. Eingehende Kompatibilitätsuntersuchungen sind deshalb durchzuführen, um zu ergründen, ob die Qualität eines komprimierten, aber nicht wieder expandierten Signals akzeptabel ist.

Man kann einem nur komprimierten Signal aber auch positive Seiten abgewinnen. Überall dort, wo schlechte Abhörbedingungen herrschen, der Abhördynamikbereich also zu gering ist, wird ein komprimiertes Signal einen Verständlichkeitsgewinn bringen. Ein extremes Beispiel stellen die Abhörbedingungen innerhalb eines Kraftwagens dar.

Bei schlechten Übertragungsstrecken kann ebenfalls ein nur komprimiertes Signal eine gewisse Verbesserung bedeuten. Seine ihm eigene größere Lautheit gestattet es, den Wiedergabepegel am Heimempfänger zurückzunehmen und damit die Auswirkungen des Streckenstörgeräusches abzusenken.

2. Das andere mit dem Kompandereinsatz aufkommende Problem wäre, daß bei einer z. B. 15-dB-Kompression das Ruhegeräusch des Tonbandes um eben diesen Betrag mit angehoben würde und aus dem Ruhegeräuschspannungsabstand von jetzt 54 dB würde dann einer von 39 dB werden, der das komprimierte Signal begleitet, zudem noch dynamisch schwankend, pumpend, also besonders störend. Das heißt: Wenn man mittels eines Kompandersystems den zu geringen Dynamikumfang im Randbereich eines Versorgungsgebietes überwinden will, so geht das nur, wenn gleichzeitig auch der Dynamikumfang des Studiotonbandes vergrößert wird.

Faßt man das bisher Gesagte zusammen, so folgt daraus in jedem Fall, sowohl für ein gut versorgtes Gebiet als auch bei Kompandereinsatz für den Randbereich eines Versorgungsgebietes: Soll die Empfangsqualität verbessert werden, so muß der Dynamikumfang des Standard-Studiotonbandes vergrößert werden.

Will man versuchen dieser Forderung nachzukommen, so bieten sich drei verschiedene Möglichkeiten an:

1. Es gibt Hörer, die von ihrer technischen Ausrüstung und ihrem akustischen Umfeld her, bzw. dadurch, daß sie Kopfhörer zum Abhören verwenden, so gute Abhörbedingungen haben, daß sie das Bandrauschen in kurzen Signalpausen, vor Beginn eines Stückes oder sogar bei empfindlichem Programmaterial während des Stückes selbst wahrnehmen und als störend empfinden. In Zuschriften, die von Hörern auch aus gut versorgten Gebieten stammen, wird dem immer wieder Ausdruck verliehen. Die Hörfunkbetriebsleiter der ARD nahmen das zum Anlaß, darüber zu diskutieren, ob modernere Bandtypen Möglichkeiten eröffneten, die eine spürbare Erweiterung (6 bis 8 dB) des Dynamikumfangs erlauben.

Dies deutet sich an und wegen des Gewinnes wäre man unter Umständen bereit, den seit vielen Jahren aus durchaus guten Gründen festgefrorenen Studiotonband-Standard zu verlassen, auch um den Preis eventuell damit verbundener betrieblicher Schwierigkeiten.

- 2. Eine andere Möglichkeit der Verbesserung des Dynamikumfangs ist gegenwärtig in der Entwicklung, wobei man nicht voraussagen kann, wie schnell sie den Weg in die Funkhäuser finden wird: die digitale Tonaufzeichnung, die einen Dynamikumfang von etwa 90 dB offeriert. Von diesen 90 dB müssen zwar voraussichtlich Abstriche gemacht werden, allein schon deshalb, weil die in der Tonmeßtechnik üblicherweise verwendeten Meßverfahren zu kleineren Abstandswerten für die Störspannung führen, aber dennoch sollte der verbleibende "Rest" noch eine wesentliche Steigerung des Dynamikumfangs erlauben.
- Wenn es sich zeigen sollte, daß die Aufzeichnungstechnik derzeit keine oder nur eine ungenügende Steigerung des Dynamikumfangs zuläßt, so bleibt immer noch eine dritte Möglichkeit, über den Engpaß Tonaufzeichnungsgerät hinwegzukommen: der Kompander. Diese Technik wird seit langem schon in der Vielspuraufzeichnungstechnik eingesetzt und ist aus vielen Bereichen der Produktion nicht mehr wegzudenken. Eine fertige Produktion wird abschließend jedoch expandiert auf dem Archivband gespeichert, und mag der Störabstand vorher noch so gut gewesen sein, von diesem Moment an sind die erwähnten 54 dB wiederzufinden. Warum sollte man nicht auch die "normalen" Stereo-Studiotonbandmaschinen der Rundfunkanstalten mit Kompandern ausrüsten? Es könnten Kompander einfacherer Art sein, als integraler Bestandteil jedes Bandgerätes. Ein Störabstandsgewinn von etwa 10 dB wäre sicherlich zu erreichen, der dann den entscheidenden Schritt für eine deutliche Dynamikerweiterung der Gesamtübertragungsstrecke darstellen könnte.

Wird die bisherige UKW-Übertragungstechnik beibehalten, müßte am Ausgang des Bandgerätes wieder expandiert werden. Entschließt man sich jedoch, die Kompandertechnik auch im UKW-Rundfunk einzusetzen, so könnte das auf dem Band in komprimierter Form gespeicherte Signal direkt übertragen werden. Die geforderte höhere Dynamik wäre dadurch auf der Gesamtstrecke Bandgerät – Leitung – Sender – Empfänger gewährleistet.

Voraussetzung ist selbstverständlich, daß ein geeignetes Kompandersystem zur Verfügung steht. Es ist weiterhin auch klar, daß mit einer solchen Technik erhebliche Betriebsprobleme heraufbeschworen würden, vielleicht ist es aber dennoch sinnvoll, über diese Möglichkeit einmal ernsthaft nachzudenken.

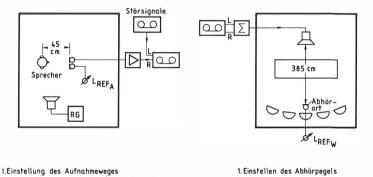
Mit diesen Betrachtungen sollte versucht werden, die Grenzen der jetzigen Technik in Hinblick auf den möglichen Dynamikumfang grob zu umreißen und Wege anzudeuten, diese Grenzen zu überwinden. Es ist bewußt nicht diskutiert worden, ob es sinnvoll, erstrebenswert oder notwendig ist, einer gewissen elitären Hörerschaft den geforderten größeren Dynamikumfang des Übertragungsweges anzubieten. Folgt man jedoch diesem Wunsche, so führt das unausweichlich zu der in den vorausgegangenen Betrachtungen aufgezeigten Forderung nach Behebung der Schwachstelle Studiotonband. Gelingt es aber einen Weg zu finden, den größeren Dynamikumfang zu realisieren, so bedeutet dies letztlich ein Herabsetzen des Bandruherauschens und das wiederum ein Freilegen bisher (durch eben dieses Bandrauschen) verdeckter anderer Störgeräusche, die durchaus Störgeräusche sein könnten, die aus dem Aufnahmestudio selbst stammen. Und damit ist endlich der Bezug zu den raumund bauakustischen Anforderungen an Studio- und Regieräume des Hörfunks gefunden. Bei den Überlegungen zur notwendigen Qualität der heutigen Studios sollte mitberücksichtigt werden, daß die Übertragungsstrecke von morgen, ganz gleich mit welcher Technik, besser sein kann als sie es heute ist.

4. ERGEBNISSE EINES MIT TONMEISTERN UND TONINGENIEUREN DURCHGEFÜHRTEN HÖRTESTS ZUR FRAGE ZULÄSSIGER GERÄUSCHPEGEL IN STUDIOS UND REGIERÄUMEN

VON HELMUT LAMPARTER, INSTITUT FÜR RUNDFUNKTECHNIK, MÜNCHEN

Von der Technischen Kommission der ARD wurden 1960 zulässige Schalldruckpegel für Dauergeräusche in Rundfunkstudios empfohlen. Um diese Grenzkurven bei Studioneubauten einzuhalten, ist ein großer bautechnischer Aufwand notwendig. Es stellte sich die Frage, ob sich die Produktionsgewohnheiten nicht so geändert haben, daß daran gedacht werden kann, höhere Pegel in Ort des Aufnahmemikrofons wurde der Schalldruckpegel dieses Referenzsignals gemessen, um bei der Wiedergabe die Pegel der Störgeräusche entsprechend den Aufnahmebedingungen einstellen zu können. Es ergab sich ein Wert $L_{REFA} = 68 \text{ dB}$ (A).

Der Abstand vom Sprecher zum Mikrofon betrug 45 cm. Die Sprachaufnahme wurde anschließend in 20 s



2.Messen des Referenzpegels L_{REFA}=68 dB(A) 3. Aufnahme des Referenzsignals 4.Aufnahme des Sprechers

AUFNAHME

2.Messen des entspr. Referenzpegels LREFW=67 dB(A) Δ L=LREFA-LREFW=1 dB 3.Einstellen des entspr.Geräuschpegels - 1 dB gegenüber den im Studio angenommenen.

WIFDERGARE

Bild 1

Studios zuzulassen. Als besonders kritisch erscheint der Fall eines leisen Sprechers bei verhältnismäßig großem Mikrofonabstand, eine Situation, wie sie z.B. bei Hörspielproduktionen vorkommt. Die Lautstärke bei der Wiedergabe ist dann oft sehr viel größer als bei der Aufnahme, so daß die Störgeräusche aus dem Studio entsprechend verstärkt und damit hörbar werden. In Sprachpausen treten diese Störungen dann besonders deutlich hervor. Um beim Hörtest möglichst realistische Bedingungen herzustellen, wurde ein fortlaufender Text gewählt.

Die Sprachaufnahmen wurden beim Bayerischen Rundfunk in einem ausgesucht leisen Hörspielstudio aufgenommen. Der Frequenzverlauf des im Studio vorhandenen Störgeräusches ist in Bild 2 dargestellt. Nachdem der Aufnahmeweg so eingestellt war, daß die zu erwartenden lautesten Passagen des Sprechers bei Vollaussteuerung des aufzeichnenden Magnettongerätes lagen, wurde rosa Rauschen über einen Lautsprecher eingespielt und mit unveränderter Einstellung aufgezeichnet. Am

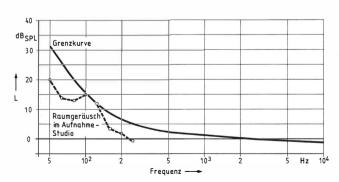
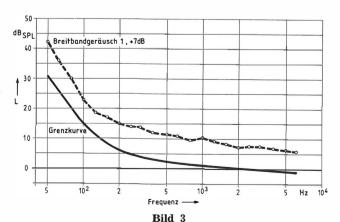


Bild 2 Raumgeräuch im Aufnahmestudio (Terzpegel)

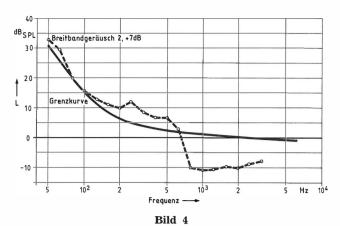
lange Stücke zerschnitten und diese auf einen Kanal einer Zweispurmaschine überspielt. Auf der zweiten Spur wurden die verschiedenen Störgeräusche aufgenommen (Bild 1).

Als Störsignale wurden 6 verschiedene Geräusche gewählt:

- 1. Breitbandgeräusch 1, das in seinem Frequenzverlauf dem der empfohlenen Studiogrenzkurve entspricht (Bild 3),
- 2. Breitbandgeräusch 2, ein synthetisches Geräusch, das einem Klimageräusch entspricht (Bild 4),
- 3. oktavbandbreites Rauschen bei 500 Hz (Bild 5),
- 4. oktavbandbreites Rauschen bei 125 Hz,
- 5. terzbandbreites Rauschen bei 125 Hz,
- 6. Sinuston 125 Hz.



Terzpegelspektrum des zugesetzten Störgeräusches 1 bei der Wiedergabe



Terzpegelspektrum des zugesetzten Störgeräusches 2 bei der Wiedergabe

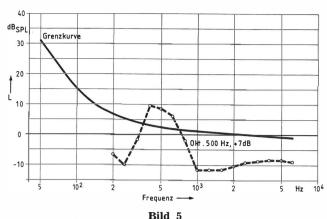
Die Störsignale 3 bis 5 wurden aus dem Breitbandgeräusch 1 herausgefiltert.

Diese Geräusche wurden mit fünf verschiedenen Pegeln angeboten: 3 dB unter dem Pegel der empfohlenen Grenzkurve und 0, 2, 4, 7 dB über der Grenzkurve. So ergibt sich für das lauteste Geräusch (Breitbandger. 1) mit + 7 dB über der Grenzkurve ein Wert von 21 dB (A). Diese Störgeräusche waren in einer zufälligen Reihenfolge dem Nutzsignal zugeordnet.

Im Wiedergaberaum wurde zunächst die Abhörlautstärke festgelegt, die von den Versuchspersonen als normal bezeichnet wurde. Bei der gewählten Einstellung wurde dann der diesem Pegel entsprechende Referenzpegel des aufgezeichneten Rauschsignals am Abhörort gemessen. Dabei ergab sich ein Wert von $L_{\rm REFW}=67~{\rm dB}$ (A). Für das Geräusch, dessen Verlauf der Grenzkurve entspricht, wurde am Abhörort ein Terzpegel von 42 dB bei 125 Hz gemessen. Das Signal wurde mit einer Eichleitung um 31 dB gedämpft und so der Wert der Grenzkurve von 12 dB – $\Delta L_{\rm REF}=11~{\rm dB}$ bei 125 Hz eingestellt (Bild 1). Da die Pegel der Geräusche auf dem Band untereinander im richtigen Verhältnis standen, waren alle anderen Pegel dadurch festgelegt.

Beide Signale, das Nutzsignal und das Störsignal, wurden gemeinsam über einen Lautsprecher wiedergegeben. Der Abstand der Versuchspersonen vom Lautsprecher betrug 3,85 m. Dies bedeutet, daß der Sprecher mit einer Lautstärke wiedergegeben wurde, die 15 dB über der Originallautstärke im Aufnahmeraum lag.

Befragt wurden 23 Tonmeister und Toningenieure in Gruppen. Die Frage lautete: Bitte beurteilen Sie, ob das gegebenenfalls hörbare Raumgrundgeräusch noch tole-



Terzpegelspektrum des zugesetzten Störgeräusches 3 bei der Wiedergabe

rierbar ist (ja), oder ob es ihrer Meinung nach die zulässige Grenze deutlich übersteigt (nein).

Die Beurteilung wurde durch Ankreuzen eines Fragebogens festgehalten. Zu jedem Beispiel mußte ein Urteil abgegeben werden. Die Versuchspersonen beurteilten 30 verschiedene Beispiele.

Das Breitbandgeräusch 1 wurde bei den Pegeln, die 2, 4 und 7 dB über der zulässigen Grenzkurve lagen, von allen Versuchspersonen erkannt und als störend beurteilt. $65\,^{0}/_{0}$ der Versuchspersonen beurteilten alle Beispiele mit dem Breitbandgeräusch 1 als nicht tolerierbar.

Das Breitbandgeräusch 2 wurde von $50\,^0/_0$ der Versuchspersonen bei einem Pegel von $+\,2\,\mathrm{dB}$ über der Grenzkurve nicht mehr toleriert.

Beim oktavbandbreiten Rauschen bei 500 Hz lag die Toleranzgrenze für $50\,^{0}/_{0}$ der Versuchspersonen bei 0 dB, also auf der Grenzkurve.

Die schmalbandigen Störpegel wurden als nicht störend beurteilt.

Der Geräuschpegel des Regieraums, in dem die Versuche durchgeführt wurden, lag unter der NR-20-Kurve, war jedoch höher als der für Regieräume empfohlene Pegel und wurde von den Versuchspersonen als zu hoch bezeichnet. Der Versuch hat keine Hinweise dafür geliefert, daß eine Verschiebung der Toleranzgrenze zu höheren Pegeln hin beim Abhören in einem leiseren Raum zu erwarten wäre.

Man kann sagen, daß die Grenzkurve für Dauerschallpegel in Rundfunkstudios, wie sie 1960 von der Technischen Kommission der ARD empfohlen wurde, eine Grenze darstellt, bei deren Überschreiten Qualitätseinbußen in Kauf genommen werden müssen.

5. WELCHE FREIZÜGIGKEITEN IN DER NUTZUNG VERSCHIEDENER ODER MEHRERER GLEICHARTIGER AUFNAHMERÄUME VERLANGT DER BETRIEB IN EINEM FUNKHAUS?

VON WERNER ARNOLD, DEUTSCHE WELLE, KÖLN

Welche Fakten schränken die Nutzung von Aufnahmeräumen ein?

Da sind erstens die Zeit und die Dauer einer Produktion zu nennen, zweitens die akustischen, drittens die gerätetechnischen Anforderungen und viertens vielleicht die Lage der Studios. Die beiden letzten Punkte sind hier auszuklammern, denn sie waren bei diesem Seminar kein oder nur ein bedingtes Thema. Auch die Produktionszeit und die -dauer als nutzungseinschränkende Elemente können hier vernachlässigt werden, da sie durch eine entsprechende Anzahl von Aufnahmeräumen und vor-

handenes, gut qualifiziertes Personal eleminiert werden können, es sei denn, Erweiterungen sind nicht möglich. Dann treffen die nachfolgenden Bemerkungen um so mehr zu. Bleiben als Beratungsthemen die akustischen Anforderungen seitens der Betriebe an die Aufnahmeräume.

Dr. Schwarze, Technischer Direktor des Süddeutschen Rundfunks, hat in seinem Bericht über den Funkhausneubau des SDR im ARD-Jahrbuch 1977 festgestellt, daß der Rundfunk "weder eine Fabrik noch ein Verwaltungsgebäude, weder ein Pressehaus noch eine Universität, weder ein Theater noch eine Kirche" sei, daß aber von allem etwas in einem Funkhaus enthalten ist. Aus der Fülle dieser Beispiele geht deutlich hervor, mit welcher Spannweite sich die Betriebe bei Produktionen zu befassen haben. Keine Rundfunkanstalt kann es sich leisten. die ganze Palette der Nutzungsfreizügigkeiten den Betrieben zu gewähren, indem sie gleich gute, für jeden Produktionszweck gleichermaßen gut geeignete Aufnahmeräume zur Verfügung stellt. Dies wäre auch schon von den räumlichen Dimensionen her bei den Rundfunkanstalten wenig sinnvoll. Der andere Grenzwert ist aber ebensowenig mit der betrieblichen Praxis vereinbar, nämlich der, daß man für jeden unterschiedlichen Zweck auch ganz unterschiedliche Räume baut. In der Schallplattenindustrie wird das übrigens gemacht. Erstaunlich bei kommerziellen Unternehmen, jedoch ist die eingeschränkte Produktpalette zu berücksichtigen.

Der Anfall an Wortproduktionen mit einem oder mehreren Sprechern ist geeignet, einheitliche Aufnahme- und Regieräume zu schaffen. In diese Regieräume sind - wie heute vielerorts üblich – die Tonaufzeichnungsgeräte integriert. Das Sprecherstudio sollte den Wünschen der Betriebe nach bei diesem Typ einheitlich groß (ca. 20 bis 40 m²), einheitlich akustisch gut und einheitlich weitgehend frei von Störgeräuschen sein. Daß das "weitgehend frei" natürlich eine Kostenfrage ist und in die richtigen Dimensionen gerückt werden muß, ist selbstverständlich, jedoch verstehen die Betriebe hier keineswegs Aufnahmeräume, in denen viele Außengeräusche in Kauf genommen werden können. Die entstehenden Studiohochbauten setzen hier außerdem Maßstäbe für von außen eindringende Geräusche. Auch (oder gerade!) bei Wortproduktionen ist auf eine - vernünftige - Geräuschdosierung zu achten. Hier, wie auch bei anderen Produktionsarten, ist seitens der Betriebe festzustellen, daß auch das Programm wieder mehr - wegen der Hörerreklamationen - auf die Qualität der Produktionen achtet, im Gegensatz zu früher, wo oft auf die angeblich überhöhten Qualitätsanforderungen der Technik verwiesen worden ist.

Erfüllt man die genannten Betriebswünsche der Studios für Wortproduktionen nach gleichen Konstruktionsmerkmalen, so ist dem freizügigen Einsatz eine große Hilfe geleistet. Immerhin fallen vom Produktionsaufwand etwa 50 % und mehr auf diese Anforderungen.

Gleiche akustische Behandlung der Wortaufnahmeräume ist nicht nur wegen zeitlicher Einteilungserfordernisse notwendig, sondern auch deshalb, weil Wortproduktionen aus vielerlei Gründen oftmals nicht im gleichen Studio zu Ende gebracht werden können. Lassen sich mehrere Aufnahmeräume nebeneinander in einer Etage anordnen, so kann die wechselseitige Plazierung Regieraum, Sprecherraum, Regieraum, usw. durchaus sinnvoll sein. Bei einer solchen Anordnung kann der Sprecherraum von je zwei Regieräumen benutzt werden.

Bei Aufnahmestudios, die dem "gehobenen Genre" dienen, verbietet sich m. E. die Uniformität. Das gilt allerdings nur mit gewissen Einschränkungen. Betrachten wir zuerst Hörspielstudios. Hat ein Betrieb mehrere, so ist auch hier wieder gleiche akustische, elektrische und mechanische Ausführung aus fast den gleichen, oben genannten Gründen von Vorteil, wobei ich von der üblichen Anordnung mit schallarmem Raum ausgehe.

Bei Musikstudios muß sich die Ausgestaltung den Erfahrungsbedingungen anpassen. Den Betrieben wäre auch in diesen Fällen eine größtmögliche Freizügigkeit in der Benutzung angenehm, beispielsweise durch eine veränderliche Akustik. Die betrieblichen Erfahrungen mit solchen wandelbaren Akustiken sind jedoch bis jetzt nicht sehr günstig. Wie man hört, soll dieser Studiotyp beim SDR in Heidelberg gut verwirklicht worden sein. Hier läge für den Akustiker in der Hilfestellung für den Betrieb ein gutes Betätigungsfeld.

Viele Tonmeister beklagen, daß bei einigen Rundfunkanstalten die Aufnahmestudios als Mehrzweckstudios konzipiert sind, die den verschiedenen Verwendungszwecken nicht optimal angepaßt sind. In der Industrie wird je nach Anforderungszweck – wie schon gesagt – im Konzertsaal oder im entsprechenden Studio produziert. Mit anderen Worten, vom künstlerischen Standpunkt her wird heute eigentlich mehr, keinesfalls weniger gefordert.

Wenn möglich, wünscht sich der Betrieb für Tanzmusikaufnahmen ein sehr "trockenes" Studio. Der Aufwand in Studios mit längeren Nachhallzeiten, diese durch Stellwände zu kompensieren, ist enorm. Wichtig sind schließlich für Veranstaltungen mit Publikum unbedingt Aufnahmeräume, bei denen eine Saalbeschallung möglich ist, die dem Zuhörer und dem Rundfunkaufnahmezweck genügt.

Beim Funkhausneubau der Deutschen Welle sind die gewünschten betrieblichen Freizügigkeiten eingeplant. Dabei ist zu berücksichtigen, daß die DW nicht nur Produktionen für die Kurzwellenausstrahlung herstellt, sondern in nicht unerheblichem Maße auch Hörfunksendungen nach UKW-Maßstäben für den Transkriptionsdienst produziert. Dieser Dienst beliefert eine Vielzahl ausländischer Rundfunkstationen mit Hörfunkprogrammen. Insofern gelten im Sinne der Freizigigkeiten die gleichen Bedingungen wie bei anderen Anstalten. So betragen die Dämmwerte in den Wortaufnahmekomplexen Außenwand-Sprecher 86 dB, Flurwand-Sprecher 80 dB, Sprecher-Sprecher 75 dB, Regie-Sprecher 70 dB, Flur-Regie 55 dB und Außenwand-Regie 65 dB. Berechnungsgrundlage war ein maximaler Abhörpegel von 86 dB (A). Für den maximalen Geräuschpegel wurden die IRT-Sollkurven zugrunde gelegt.

Sicher sind die 1964 von der AK (Arbeitskommission) 1 empfohlenen Kurven für Störspannungen mit dafür verantwortlich, daß nicht zuletzt wegen dieser harten Forderungen die auftretenden Erstellungskosten für Studios oft relativ hoch sind. E. J. Völker hat in seinem vielbeachteten Vortrag während der NTG-Fachtagung in Düsseldorf 1976 angezweifelt, ob diese Forderungen noch sinnvoll sind und seinerseits festgestellt, daß ein Störschallpegel von 32-35 dB (A) praktisch nicht störend in Erscheinung tritt. Völker führt diese These auf die veränderten Aufnahmepraktiken zurück, welche die akustische Qualität des Aufnahmeraumes weitgehend unberücksichtigt lassen, weil die gewünschte technische und künstlerische Qualität mit elektrischen Bearbeitungsmitteln sehr viel einfacher als früher zu realisieren sei. Hier widersprechen die Hörfunkbetriebe. Wie schon früher erwähnt, ist ein Funkhaus ein Sammelplatz unterschiedlicher Aufnahmewünsche. Im Gegensatz zu Studios der Schallplattenindustrie ist es bei den Rundfunkanstalten aus ökonomischen Gründen nicht sinnvoll, Studios für eine spezielle Aufnahmetechnik zu konzipieren. Während man z. B. bei einem nur für Popmusikaufnahmen gebauten Studio davon ausgehen kann, daß der erzeugte hohe Schalldruck in Verbindung mit einer Aufnahmetechnik im Nahschallfeld und unter Einsatz von Richtmikrofonen einen relativ großen Störschallpegel im Studio zuläßt, trifft dies für ein Rundfunkvielzweckstudio nicht zu. Wenngleich sich bei manchen Rundfunkanstalten - je nach Anzahl der vorhandenen Studios - eine gewisse feste Verteilung von bestimmten Produktionen oder Klangkörpern eingestellt hat, werden in diesen Studios darüber hinaus noch die unterschiedlichsten anderen Aufnahmen gemacht.

Der Bayerische Rundfunk steht für viele mit nachfolgendem Beispiel:

Im Studio II, einem mittelgroßen Studio mit einem Volumen von $3640\,\mathrm{m}^3$ und einer Nachhallzeit von $1\,\mathrm{s},$ werden z. B. folgende Produktionen abgewickelt:

- a) Tanzmusik live und Aufnahme in Mehrspurtechnik,
- b) Volksmusikaufnahmen,
- c) Kammermusikaufnahmen,
- d) Choraufnahmen,
- e) Bunte Abende und Kabarett mit hörspielähnlichen

Die Vielschichtigkeit der aufgeführten Produktionen verlangt ganz zwangsläufig unterschiedliche Aufnahmeverfahren (Aufstellung von Richtmikrofonen im Nahschallfeld bis zur Aufstellung von Kugelmikrofonen außerhalb des Hallradius). Darüber hinaus wird der ideale Mikrofonstandort von der gleichbleibenden Nachhallzeit bestimmt. An dieser Stelle muß auch festgestellt werden, daß eine moderne Aufnahmetechnik keineswegs immer mit einer großen Anzahl von Mikrofonen im Nahschallfeld gleichzusetzen ist. So wird bei sinfonischer Musik, bei Kammermusik, weitgehendst auch bei Hörspielen die MS-Technik angewandt. Auch beim Einsatz von Stützmikrofonen, z. B. bei Orchesteraufnahmen, wird die Dynamik stark vom Verhältnis Störschall zu Nutzschall am MS-Kugelmikrofon bestimmt, da die Stützmikrofone meist nur geringfügig oder nur zeitweise zur Korrektur der Balance, Erhöhung der Präsenz oder Verringerung der Dynamik dem Hauptsignal zugemischt werden. Wenn man davon ausgeht, daß eine sinnvolle Übertragungsdynamik bei etwa 40 dB liegt (bei Kunstkopfübertragungen selbstverständlich höher), dann sollte nicht vergessen werden, daß

- ein bei 40 dB unter Vollaussteuerung übertragenes Pianissimo noch einen möglichst hohen Störabstand aufweisen sollte.
- 2. die Dynamik eines Sinfonieorchesters wesentlich größer ist als die gewünschte Übertragungstechnik. Es müssen also leise Stellen manuell oder mittels Kompressoren angehoben werden, wobei beachtet werden muß, daß dabei der Störschallpegel entsprechend dem Verhältnis Nutz- zu Störschall ebenfalls mit angehoben wird.

Nach wie vor sollten bei einer anspruchsvollen Übertragung (speziell bei E-Musik) die akustisch guten Eigenschaften eines Aufnahmeortes der synthetischen Klangerzeugung vorgezogen werden.

So wurde z. B. bei der letzten Koproduktion der Decca mit dem BR ("Die lustigen Weiber von Windsor") die Hallbalance einzig und allein mit dem Mikrofonabstand bestimmt. Es erfolgte keine Zumischung eines künstlichen Hallsignales, weder bei den Solisten noch beim Orchester. In solchen Fällen werden an die akustischen Eigenschaften eines Aufnahmeraumes hohe Anforderungen gestellt, wenn man bedenkt, daß es absolut keine Seltenheit ist, daß die Stimme einer Sängerin einen Dynamikumfang von über 60 dB hat und deshalb die leisen Stellen entsprechend der gewünschten Dynamik von etwa 40 dB bei der gegebenen Mikrofonaufstellung angehoben werden müssen.

Die Hörfunkbetriebe sind der Ansicht, daß die seinerzeit von der AK1 aufgezeigten zulässigen Störschallwerte nach wie vor angestrebt werden sollten, insbesondere im Hinblick auf die kommende verbesserte, rauscharme Übertragungstechnik unter Einsatz von Kompandern und Expandern bei der Tonbandaufzeichnung und bei der UKW-Übertragungstechnik, ebenfalls im Hinblick auf die Kunstkopfproduktionen, auf die im Vormarsch begriffene digitale Aufzeichnungstechnik und auf das steigende Qualitätsbewußtsein der Hörer, hervorgerufen durch immer bessere Empfangsgeräte.

Während mit Hilfe der modernen Elektronik die elektrischen Werte einer Rundfunkübertragung auch in Zukunft noch weiter verbessert werden können, trifft dies für den Störschall an einem Aufnahmeort leider nicht zu.

Die kurze Wunschauflistung, die nicht vollzählig sein kann, weil dann zu sehr ins Detail gegangen werden müßte, möchte ich zum Schluß durch ein paar Zusammenfassungen wiederholen:

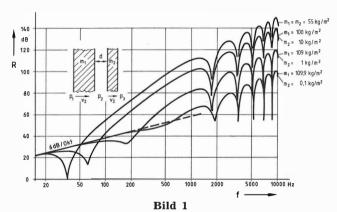
- Studios werden nicht für kurze Benutzungszeiträume gebaut, sondern werden sehr lange gebraucht, es sind die Investitionen mit der längsten Nutzungsdauer. Deshalb sollten auch möglichst schon bei der Planung Änderungen von Produktionsmaßstäben, soweit das möglich ist, berücksichtigt werden. Das bezieht sich vor allem auf die Störfreiheit und die akustische Ausgestaltung.
- Nachträgliche akustische Änderungen eines Studios kosten im allgemeinen viel mehr Geld als eine von vornherein vernünftige Planung und Ausführung kosten würde, und sie erreichen oft nicht das gewünschte Ergebnis.
- 3. Den durchaus legalen Anforderungen der technischkünstlerischen Realisatoren, auf den jeweiligen Aufnahmezweck optimal zugeschnittene Produktionsverhältnisse zu erhalten, steht die Vielfältigkeit des Rundfunks mit seinen ökonomischen Beschränkungen gegenüber. Die Hörfunkbetriebe stehen oft als Puffer zwischen den Ausrüstungsabteilungen (im weitesten Sinne) und dem Programm (sprich Produktionen). Deshalb sollte, wenn schon Mehrzweckstudios, das Verhältnis der akustischen Qualität eines Studios zum Kostenaufwand so gut wie nur möglich sein. Die Betriebe legen dabei verständlicherweise ihr Hauptaugenmerk auf die akustische Qualität.
- 4. Nicht unberücksichtigt bleiben darf das steigende Qualitätsbewußtsein der Hörer (Mängelklagen über zu hohes Bandrauschen).
- Der Regieraum und das Studio sind Arbeitsplätze hochbezahlter Mitarbeiter. Eine vernünftige Arbeitsplatzgestaltung fördert die künstlerische und technische Leistung.
- 6. In manchen Publikationen wird die Richtigkeit der gesteigerten Qualitätsanforderungen der deutschen Rundfunkanstalten an hochwertige Aufnahmestudios angezweifelt. Vergessen wird dabei das oben erwähnte gestiegene Qualitätsbewußtsein der Hörer, das durch hochwertige Empfangsanlagen und neue Produktionstechniken wie die Kunstkopfaufnahmetechnik immer mehr steigt. Was nutzt z. B. die in der Entwicklung begriffene digitale Aufzeichnungstechnik, die Störgeräusche in sich fast vermeidet, wenn Aufnahmeräume mit größeren Störpegeln für die Aufzeichnung benutzt werden müssen.
- 7. Produktionstechniken ändern sich, sie sind oft auch einem Modetrend unterworfen. Wenn in manchen Fällen heute Aufnahmen im Nahschallfeld bevorzugt werden, so braucht das morgen schon nicht mehr so zu sein! Es wäre falsch, Aufnahmearten, die momentan eine geringere Stördämmung zulassen, als Grund für eine billigere Studiobauweise zu nehmen.
- 8. Schließlich sollte bei Studiobauten besonderer Wert auf die Klimatechnik gelegt werden. Es hat schon manches Studio gegeben und gibt es noch, das an sich gute Störschall- und akustische Werte hat, die aber durch unzureichende Dimensionierung der Klimaanlage sehr verschlechtert werden. Zu hohe Einblasgeschwindigkeiten mit daraus resultierenden Geräuschbelästigungen sind dabei ebenso ärgerlich wie zu große Temperaturgefälle, die von den Mitwirkenden an Produktionen als unangenehm empfunden werden.

6. PROBLEME DER LUFTSCHALLDÄMMUNG DURCH LEICHTE DOPPELWÄNDE

VON LOTHAR CREMER, TECHNISCHE UNIVERSITÄT BERLIN

Die Hoffnung, daß man mit einer Doppelwand bei gleichem Gesamtgewicht einen höheren Luftschallschutz erzielt als mit einer Einfachwand, oder – noch wichtiger – den gleichen Schallschutz mit weniger Gewicht, beruht auf der Vorstellung, daß man den Schall statt zum nur zweimaligen Wechsel zum viermaligen Wechsel zwischen Luft und festem Körper zwingt. Diese mit der Fehlanpassung der Impedanzen rechnende Vorstellung wäre aber nur dann richtig, wenn die Dicken der beiden Wände und die des Luftpolsters groß gegenüber den jeweiligen Wellenlängen wären und die Ausbreitungen in allen drei Medien gedämpft wären. Bei tieferen Frequenzen aber sind die genannten Dicken sicher klein zu den mediengemäßen Wellenlängen, besonders in den Wänden.

Die nun schon fast 30 Jahre zurückliegende erste Theorie der Doppelwand (unter Annahme unendlicher Breite und senkrechten Schalleinfalls) von Wintergerst [1] behandelte die Wände als Massen und das Luftpolster als Feder, bzw. mit der damals bevorzugten Analogie die ersten als Spulen, das letzte als Kondensator. Dabei zeigt sich, daß es bei sehr tiefen Frequenzen einen Bereich gibt, wo beide Massen in Phase schwingen und die Dämmung dieselbe ist wie bei der gleich schweren Einfachwand (Bild 1).



Berechnete Schalldämmaße von Doppelwänden bei senkrechtem Einfall für verschiedene Massenverhältnisse (nach Paul)

Darüber gibt es sogar einen Bereich, wo die beiden Massen gegeneinander gemäß der Tonpilzeigenschwingung des Systems schwingen. Dabei kann es bei gleich schweren Wänden theoretisch sogar zum Totaldurchgang kommen, indem die erste Masse die Schnelle der einfallenden Welle annimmt, die zweite gleich schwere die Schnelle der abgestrahlten Welle bestimmt.

Diese Konstellation gilt aber nicht mehr für die Eigenschwingung bei ungleichen Massen. Bei ihnen kommt es daher, auch ohne Verluste, nur zu einem Einbruch des Dämmaßes von endlicher Tiefe, was übrigens erst von Paul [2] gezeigt wurde (**Bild 1**).

Trotzdem bleibt der Fall gleicher Massen in einer Beziehung optimal, er führt bei gegebenem Gesamtgewicht auf den niedrigsten Wert der Tonpilzresonanzfrequenz

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \left| \sqrt{-\frac{\varrho c^2}{d} \left(\frac{1}{m_1} + \frac{1}{m_2} \right)} \right| \ . \eqno(1)$$

Und da oberhalb $f > 2f_0$ der Zuwachs an Dämmaß gegenüber demjenigen einer gleich schweren Einfachwand mit

$$\Delta R = 40 \lg \left(-\frac{f}{f_0} \right) dB$$
 (2)

ansteigt, liefert er für gegebenes f den größten Luftschallschutz.

Es sei aber darauf hingewiesen, daß bei einem Massenverhältnis $m_1:m_2=2:1$ der Verlust nur 1 dB beträgt, daß der Gipfel höchster Dämmung also sehr breit ist, während der Wegfall eines Totaldurchganges viel wesentlicher sein kann.

Aber welche Massenverhältnisse man auch wählt, immer gilt, daß man, um die Tonpilzfrequenz tief zu legen, bei einer Doppelwand das, was man an Masse spart, an konstruktivem Raum zur Verfügung stellen muß.

Bei Fahrzeugen, aber auch im Hochbau, ist dieser zusätzliche Raum meist beschränkt.

Bei Studiobauten kann es jedoch vorkommen, daß man einen größeren Zwischenraum zwischen beiden Schalen für technische Zwecke, z. B. für die Unterbringung von Kabelschächten, von Lüftungsleitungen und dergl. nutzen kann; es kann sogar zweckmäßig sein, diese Zwischenräume mannsbreit zu machen, damit sie begangen werden können. Man sollte daher bei Neubauten auf solche Verwendungsmöglichkeiten achten.

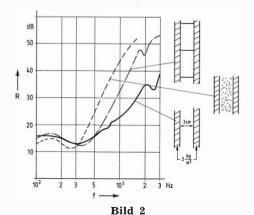
Ein großer Wandabstand hat aber auch Nachteile. Neben der Tonpilzeigenfrequenz gibt es – wie auch bereits Wintergerst zeigte – noch andere, die etwa dort liegen, wo der Wandabstand ein Vielfaches der halben Wellenlänge beträgt.

Je größer der Abstand, um so mehr rücken diese Luftpolsterdicken-Resonanzen in interessierende Frequenzbereiche.

Wenn auch die Einbrüche schmal sind, so macht sich doch die Tatsache, daß nun die Polsterdicke vergleichbar mit der Luftschallwellenlänge wird, darin bemerkbar, daß der Anstieg von $\varDelta R$ weit weniger als mit 12 dB/Oktave erfolgt, wie sich das aus Gleichung (2) ergeben würde.

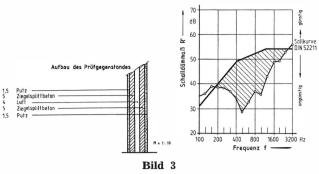
Hinzu kommt, daß alle Resonanzdurchgänge vom Einfallswinkel ϑ abhängig sind. Sie wachsen alle mit $1/\cos\vartheta$. Beim der Baupraxis angepaßten Messen im statistischen Schallfeld gibt es also für jede Frequenz einen Winkelbereich großer Schalldurchlässigkeit. Die ersten bei Doppelwänden gemessenen Schalldämmaße zeigten daher einen viel geringeren Zuwachs als ihn die auf senkrechten Einfall beschränkte Theorie versprach (Bild 2).

Diese Einfallswinkelabhängigkeit der Resonanzfrequenzen fällt weg, wenn man die seitliche Koppelung



Gemessene Schalldämmaße einer Doppelwand bei Luftpolster

----- ohne Zusatz
----- mit Querwänden
---- mit porösem Material



Gemessenes Schalldämmaß einer Doppelwand aus außen verputzten Ziegelsplittbetonplatten

(aus dem Meßarchiv des Instituts für Technische Akustik der Technischen Universität Berlin)

im Luftpolster verhindert. Dies kann durch Querwände geschehen (**Bild 2**), aber auch durch die Einbringung eines porösen Materials mit hinreichend großem Strömungswiderstand.

Beide Maßnahmen sind auch deshalb vorteilhaft, weil sie bei Doppelwänden mit seitlich dichten Abschlüssen sogenannte Querresonanzen verhindern.

Dabei hat die Einbringung des porösen Materials mit hinreichendem Strömungswiderstand noch den Vorteil, auch die wandnormalen Luftschwingungen im Innern etwas zu dämpfen.

Bei schrägem Einfall kann die Dämmung auch noch durch die Spuranpassung zwischen schräg einfallender Luftwelle und Biege-Eigenwelle wesentlich herabgesetzt werden. Daß dieser von einschaligen Wänden wohl bekannte Effekt auch und gerade bei Doppelwänden wesentlich sein kann, zeigt das Beispiel einer Doppelwand aus zwei gleich dicken, nach außen verputzten Schalen aus Ziegelsplitt (Bild 3). Gerade mit Rücksicht auf die Spuranpassung ist es vorteilhaft, beide Schalen nicht gleich zu machen, es sei denn, ihre Grenzfrequenzen

$$f_g = \frac{c^2}{2\pi} \sqrt{\frac{m}{B}}$$
 (3)

lägen bereits hoch über dem zu berücksichtigenden Frequenzbereich. Das gelingt aber meist nur mit verhältnismäßig leichten Schalen und entsprechend großen Wandabständen.

Nun ist es in vielen Fällen erwünscht, daß zumindest eine Schale eine Steife besitzt, die Kräfte und Momente aufnehmen kann, z. B. bei Türblättern oder bei Fahrzeugböden, aber auch bei normalen Wänden, wenn man an diesen an jeder Stelle etwas befestigen will. Daß diese Schale dann im zu dämmenden Frequenzbereich einen Einbruch erfährt, kann durch die zweite Schale bereits völlig überkompensiert sein, wenn dieser Einbruch nur genügend hoch über der Tonpilzeigenfrequenz erfolgt.

Ich möchte mich daher jetzt der Kombination aus einer biegesteifen und einer biegeweichen Schale, besser gesagt, einer Konstruktion mit sehr hoher Grenzfrequenz (also großem Quotienten m/B) zuwenden, mit der ich mich in den letzten Jahren speziell beschäftigt habe [3] und die von Reinicke [4] in seiner Dissertation eingehend behandelt wurde.

Bei dieser Kombination ist vorteilhaft, daß die dickere Schale eine steife poröse Struktur mit angemessenem Strömungswiderstand aufweist, wie sie auch den Ziegelsplittplatten eigen ist. Dadurch sind die Luftvolumina in ihnen noch dem federnden Luftpolster zuzurechnen, und die Tonpilzeigenfrequenz liegt bei den Ziegelsplittplatten noch unter dem Meßbereich.

Natürlich muß die steife poröse Platte nach außen durch eine unporige festverbundene Schicht (Putz oder aufgeklebte Platte) abgedeckt sein.

Bevor wir uns nun der Kombination aus außen abgedeckter, steifer poröser Platte und einer Schale mit hoher Grenzfrequenz zuwenden, müssen wir noch auf ein Problem aller zweischaligen Konstruktionen eingehen, nämlich die Herabsetzung ihrer dämmenden Wirkung durch Körperschallbrücken, denn irgendwie muß ja die nicht steife Schale an der steifen befestigt werden.

Ich hatte mich mit dem Problem der Schallbrücken bereits 1954 beschäftigt, damals aber in Zusammenhang mit den bei der unsachgemäßen Verlegung von schwimmenden Estrichen auftretenden Zementbrücken. Das Ergebnis der damaligen Untersuchungen läßt sich in allgemeinster Form in der Aussage zusammenfassen, daß neben der durch (2) gekennzeichneten Leistungsübertragung über das Luftpolster eine zusätzliche über die (n gleichen) Brücken erfolgt, die einerseits durch das Verhältnis v₂/v₁ der Schnellen am Ausgang und am Eingang der Brücke und andererseits durch den bei der Brückenübertragung einzusetzenden Abstrahlgrad σ gegeben ist, was zur Formel für den Zuwachs der Dämmung gegenüber der ersten Schale führt:

$$\Delta \mathbf{R} = -10 \, \lg \left[\left(\frac{\mathbf{f}_1}{\mathbf{f}_0} \right)^4 + \left(\frac{\mathbf{v}_2}{\mathbf{v}_1} \right)^2 \cdot \boldsymbol{\sigma} \cdot \mathbf{n} \right] d\mathbf{B} \quad . \tag{4}$$

 $(f_1$ ist hierbei die Eigenfrequenz, die sich bei festgehaltener erster Schale ergeben würde, sie liegt also tiefer als f_0).

Da sich bei den Estrichproblemen der Abstrahlgrad kaum von 1 unterschied, weil er der punktweisen Anregung der schweren und steifen Rohdecke entsprach, wandten sich Heckl und ich in der Folgezeit der Möglichkeit zu, das Verhältnis v_2/v_1 im interessierenden Frequenzbereich möglichst klein zu machen. Als ein Weg sei die Brücke mit aufgesetzter Masse erwähnt, wobei diese so bemessen war, daß die Eigenfrequenz des Brükkensystems so tief lag wie die Tonpilzeigenfrequenz der Doppelwand. **Bild 4** zeigt das erhaltene günstige Meßergebnis.

Wenn aber die abstrahlende Schale eine hohe Grenzfrequenz aufweist, wie das hier der Fall ist, dann wird

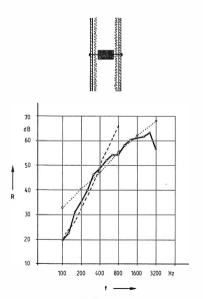
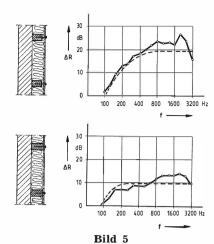


Bild 4
Gemessenes Schalldämmaß einer Doppelwand mit tief abgestimmter Körperschallbrücke
(nach Heckl)



Erhöhung des Schalldämmaßes durch eine vorgesetzte biegeweiche Schale

 σ so klein, daß man starre und masselose Brücken, also v_2 = $v_1,$ in Kauf nehmen kann.

Dies wurde zuerst von Gösele [5] bei der Verwendung von Unterdecken erkannt und später von Heckl [6] formelmäßig erfaßt. **Bild 5** zeigt die von Heckl gemessenen \triangle R-Frequenzgänge bei oben punktweisen und unten linienweisen Brücken, wie sie besonders bei Befestigungen am Rande auftraten. Die erreichbaren Maximalwerte sind in beiden Fällen durch die Abstrahlgrade beschränkt, die um so kleiner sind, je höher die Grenzfrequenz der Vorsatzschale ist.

Während es zur Vermeidung des Spuranpassungseffektes genügt, die Grenzfrequenz über den Meßbereich nach höheren Frequenzen hinauszuschieben, spielt es für die Brückenunempfindlichkeit der Vorsatzschale eine entscheidende Rolle, wie hoch die Grenzfrequenz darüber liegt.

Aus all diesen Erwägungen wurden von Reinicke Doppelwände entwickelt und gemessen, die aus einer außen

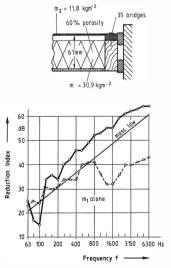


Bild 6

Gemessenes Schalldämmaß einer Doppelwand mit einer nach außen verputzten, porigen biegesteifen und einer extrem biegeweichen Schale

(nach Reinicke)

abgedeckten, porigen steifen Schale und einer mit hoher Grenzfrequenz bestanden. **Bild** 6 zeigt ein Beispiel, in dem die steife Schale aus einer Holzwolle-Leichtbauplatte, die Vorsatzschale aus einer 1,5 mm dicken Stahlplatte mit PVC-Schicht bestand. Wie erwartet, tritt der Spuranpassungseinbruch der steifen Schale in der Schalldämmkurve der Kombination kaum noch in Erscheinung.

Dafür weist die Kombination den Einbruch bei der Tonpilzeigenfrequenz auf. Es gelingt zwar, ihn an die untere Grenze des bauakustischen Meßbereichs zu legen, und es gelang Reinicke sogar, bei Vermeidung der noch in **Bild 6** zu sehenden Randbrücke, mit einer 43 kg/m² schweren, nur 76 mm dicken Wand (das letzte ist der eigentliche Fortschritt) ein Luftschallschutzmaß von 0 dB zu erreichen.

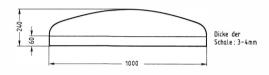
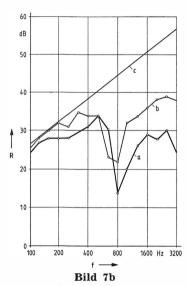


Bild 7a

Durch Krümmung versteifte Schale



Gemessenes Schalldämmaß der in 7a gezeigten Schale

- a) ohne
- b) mit Entdröhnung
- c) berechnet nach dem "Massengesetz"

(nach A. v. Meier)

Beides war allerdings nur dadurch möglich, daß man den Verlauf der Dämmungskurve möglichst der Sollkurve anpaßte. Es fragt sich, ob eine solche maßgeschneiderte Kurve nicht die ja notwendigerweise einer gewissen Willkür unterliegende Sollkurve überfordert.

Für die Isolation zwischen Sprecherräumen können die entwickelten Wände sicher empfohlen werden. Bei der Isolation zwischen Musikstudios aber kommt es auch auf die durch den bauakustischen Meßbereich und durch die Sollkurven nicht mehr erfaßten sehr tiefen Frequenzen an, und hier leistet die Doppelwand nicht mehr als eine gleich schwere Einfachwand. Wer tiefste Frequenzen dämmen will, kommt um das Bergersche Massengesetz nicht herum.

A. v. Meier [7] hatte in seiner Diplomarbeit untersucht, wie weit man mit leichten, aber extrem steifen und verlustbehafteten Schalen kommt. Er kam nie über das Massengesetz (für ϑ = 60°) hinaus.

Als ein Kuriosum möchte ich zum Schluß noch unseren vergeblichen Versuch zeigen, mit einer steifen Schale (Bild 7a) gerade bei tiefen Frequenzen eine verhältnismäßig hohe Dämmung zu erzeugen. Das gelang auch, wie Bild 7b zeigt, nur folgte ein Resonanzeinbruch im mittleren Frequenzbereich, der auch mit Entdröhnung nicht wegzubekommen war.

Mit der Erwähnung dieses Holzweges möchte ich meine Ausführungen schließen.

SCHRIFTTUM

- [1] Wintergerst, E.: Die Schalltechnik 4 (1931), H. 6, S. 85.
- [2] Paul, M.: Unveröff. Berechnung im Institut für Technische Akustik, TU Berlin (1971).
- [3] Cremer, L.: Revista de Acustica II (1971), S. 246.
- [4] Reinicke, W.: Dissertation, TU Berlin (1973).
- [5] Gösele, K.: Die Bauzeitung (1949), März u. November.
- [6] Heckl, M.: International Congress of Acoustics Stuttgart (1959), gedruckt b. Elsevier 1961, II, S. 1010.
- [7] Meier, A. v.: Diplomarbeit, TU Berlin (1961).

7. PRAKTISCHE PROBLEME BEI DER BAUAUSFÜHRUNG IM STUDIOBAU VON UWE KATH, INSTITUT FÜR RUNDFUNKTECHNIK, MÜNCHEN

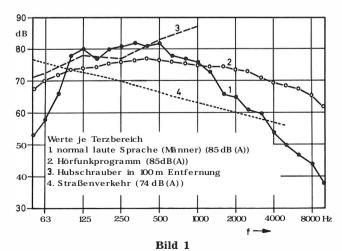
7.1. Einleitung

Die im Verlauf der Bauausführung auftretenden schalltechnischen Probleme sind zum überwiegenden Teil bereits mit der Wahl der Baukonstruktion, der Grundrißplanung sowie der optischen Gestaltung durch die Architekten vorgegeben. Schon bei der Fassadengestaltung eines Gebäudes treten bauphysikalische und akustische Fragen auf. Die Fachrichtungen Bauphysik und Akustik müssen zum Beispiel hier eng zusammenarbeiten. Physikalisch bedingt weisen die Lösungsvorschläge für gemeinsame Probleme leider häufig in entgegengesetzte Richtungen. Im folgenden sollen jedoch ausschließlich schalltechnische Probleme angesprochen werden.

7.2. Zur Ermittlung der notwendigen Schallpegel-Differenz

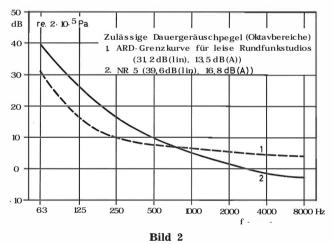
Am Anfang der bauakustischen Planung stehen die Fragen, welche Störschallquellen zu berücksichtigen sind und mit welchem baulichen Aufwand es möglich ist, die Pegel dieser Störschallquellen auf die jeweils zulässigen Störpegel zu reduzieren. In Bild 1 sind die üblicherweise zu erwartenden Störschallpegel in Abhängigkeit von der Frequenz dargestellt. Liegen tontechnisch wichtige Räume zum Beispiel an einer dem Straßenverkehr zugewandten Außenseite des Gebäudes oder im obersten Geschoß, so sind – nur in diesen Fällen – die Verkehrsgeräusche, Kurven 3 und 4, speziell im untersten Frequenzbereich mit den diesen jeweiligen Gegebenheiten entsprechenden Schalldruckpegeln planerisch zu berücksichtigen, d. h. in verkehrsreichen Lagen können die Verkehrsgeräuschpegel erheblich höher liegen.

Die Berechnung der erforderlichen Schalldämmung kann nur dann erfolgen, wenn die Frage der in den un-



Relative (Kurven 1, 2 und 4) bzw. absolute (Kurve 3) Geräusch-Schalldruckpegel nach [6], [7] und [8]

terschiedlich genutzten Räumen zulässigen Störschallpegel geklärt ist. Es ist selbstverständlich, daß dieser Störpegel nicht als Einzahlangabe (bewertet oder unbewertet), zum Beispiel als dB(A)- oder dB(lin)-Wert, erfolgen darf, sondern als frequenzabhängige Grenzkurve festgelegt werden muß. Anzustreben wäre es, eine international bekannte Geräuschverteilungskurve als Grenzkurve zu wählen.



Vergleich der ARD-Grenzkurve 1 mit der Noise-Rating-(NR-)Kurve 5

In Bild 2 wird die für Studios mit leisen Schallquellen geltende ARD-Grenzkurve 1 mit der bekannten Geräuschverteilungskurve NR 5 verglichen. Wichtiger als die Tatsache, daß sich diese beiden Spektren in ihrem dB(A)-Wert um etwa 3 dB unterscheiden, ist der stark unterschiedliche Frequenzverlauf. Im Vergleich mit der ARD-Kurve läßt die NR-Kurve im unteren Frequenzbereich einen um etwa 10 dB höheren Störpegel zu, während sie bei hohen Frequenzen einen viel geringeren Störpegel fordert – eine Störgeräuschverteilung in der Form der NR-Kurven entspricht bei der Beurteilung von Tonmodulation also nicht der wünschenswerten Verteilung, die man aufgrund von Hörversuchen gefunden hat [1, 2]. Trotzdem sollen zur Abschätzung hier zunächst NR-Kurven als Geräuschgrenzkurven herangezogen werden.

7.3. Zur Doppelschaligkeit der Baukonstruktionen

Wählt man zur Schalldämmung gegen den in **Bild 1** dargestellten Hörfunkprogramm-Störpegel (Kurve 2) zum Beispiel eine 20 cm dicke Betonwand ohne Türen und Fenster, so würde in dem so geschützten Raum gerade die NR-30-Kurve als Grenzkurve eingehalten, bei Stö-

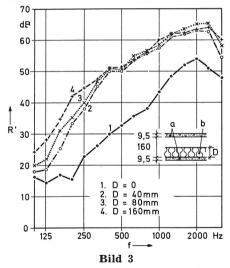
rungen durch Sprache (Kurve 1) sogar nur die NR-35-Kurve. Hier wird wieder deutlich, daß es unzulässig ist, Störpegel zu "mitteln" [3]. Die Grenzkurven NR 30 bzw. NR 35 sind für die Mehrzahl der Aufnahme- bzw. Abhörräume undiskutabel. Popstudios u. ä. können vielleicht eine Ausnahme bilden. Alle übrigen Aufnahme- und Abhörräume müssen daher zur Verbesserung der Schalldämmung stets eine "innere Schale" erhalten, also nach der "Raum-in-Raum"-Bauweise erstellt werden. Die innere Schale ist besonders wichtig, um die durch Körperschall – wie Trittschall, Türenschlagen, Trafobrummen, Pumpen-, Aufzugs- und Installationsgeräusche usw. – verursachten Störgeräusche zu vermeiden, zumindest aber zu verringern.

Da die durch Körperschall entstehenden Störpegel erheblich höher sein können als die durch den zu erwartenden Luftstörschall, sollte die innere Schale im gesamten Übertragungsbereich der Tonmodulation eine Verbesserung der Schalldämmung bewirken. Dies ist theoretisch nur von Schalen zu erwarten, die die Bedingung

$$\text{m'd} \geqq 225$$

erfüllen. m' entspricht hier dem Flächengewicht (kg/m²) der inneren Schale und d (cm) ihrem lichten Abstand von der Primärkonstruktion.

Diese Bedingung läßt sich sowohl mit leichten, dünnen und biegeweichen als auch mit schweren, massiven und biegesteifen inneren Schalen einhalten. Homogene Platten mit einer Dicke von 2 cm bis etwa 8 cm eignen sich nicht als Baumaterial für Vorsatzschalen, da ihre Schalldämmung im mittleren Frequenzbereich durch den Koinzidenzeffekt stark reduziert wird. Bei der obigen Betrachtung von Flächengewicht und Wandabstand wird vorausgesetzt, daß der Hohlraum jeder Doppelwand mit Mineralfasermaterial bedämpft ist.



Einfluß der Hohlraumbedämpfung auf die Luftschalldämmung doppelschaliger Trennwände nach [4]

In **Bild 3** wird die erreichbare Schalldämmung in Abhängigkeit von der Dicke des Dämpfungsmaterials dargestellt [4]. Man sieht, daß bei hohen Frequenzen nur eine geringe Füllung des Hohlraums benötigt wird, um eine hohe Schalldämmung zu erreichen, während bei tiefen Frequenzen hierfür eine sehr starke Füllung erforderlich ist. Die Füllung des Hohlraums ist wohl das preiswerteste Mittel, um bei tiefen Frequenzen eine gute Schalldämmung zu erreichen. Ebenfalls unabhängig vom Flächengewicht der Vorsatzschale müssen alle Plattenstöße in ganzer Tiefe sorgfältig abgedichtet werden, damit auch im Laufe der Zeit keine Ritzen entstehen kön-

nen, welche die Dämmung der Schalen mindern oder begrenzen, wie unten gezeigt wird.

7.4. Leichte Vorsatzschalen

Theoretisch verbessert eine freistehende, noch biegeweiche Vorsatzschale aus 18 mm dicken Gipskartonplatten, die in einem Abstand d \geq 15 cm vor einer schweren Wand angeordnet werden, die Luftschalldämmung dieser Wand im gesamten Übertragungsbereich der Tonmodulation.

In der Praxis lassen sich allerdings die theoretischen Werte nie erreichen. Notgedrungen wird die Unterlattung dieser Konstruktion viel zu eng gewählt, wodurch die Platte versteift wird und zu Resonanzen neigt. Durch diese Resonanzen wird die mögliche Schalldämmung gerade im unteren Frequenzbereich sehr stark verschlechtert. Die zu enge Unterlattung erfolgt praktisch stets im Bereich der Lüftungsauslässe bzw. der Klimakanal-Durchführungen, der Fenster- und Türanschlüsse und besonders in dem sehr schmalen Bereich des Anschlusses innerhalb der Türlaibung zwischen Vorsatzschale und Primärkonstruktion. Darüber hinaus begrenzen die Verarbeitungsvorschriften der Hersteller den Lattungsabstand.

Diese nicht ausreichende Schalldämmung kann erhöht werden, indem man die 18-mm-Platte durch zwei jeweils 12.5 mm dicke Gipskartonplatten ersetzt oder aber sogar durch drei dieser Platten, wie es zum Beispiel Lüdeke bei Umbauten im Funkhaus von Radio Bremen vorgeschlagen hat. Dabei ist besonders zu beachten, daß die einzelnen Platten nicht mittels Kleber oder Gips vollflächig miteinander verbunden, sondern möglichst nur punktweise alle 0,6 bis 0,7 m ohne Abstand aufeinandergeheftet werden. Bei einer derartigen Bauweise erhöht sich das Flächengewicht der Schale entsprechend der Anzahl der Plattenschichten, während die Biegesteifigkeit dieser mehrschichtigen Schale näherungsweise der geringen der Einzelplatte entspricht. Die analog aufgebaute Deckenschale wird über Federn von der Rohdecke abgehängt, wobei die Belastung der Federelemente vorher exakt berechnet werden muß. Planerisch bedeutet dies bei der Ermittlung der endgültigen Deckenlast einen erheblichen Aufwand.

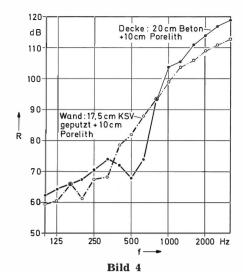
Schwere Bauteile wie Klimakanäle, die unterhalb dieser Deckenschale entlanggeführt werden, müssen über eigene Federn von der Rohdecke abgehängt werden. Diese Federn durchstoßen die Deckenschale und vermindern auch bei sorgfältiger Abdichtung der Durchführungen die Schalldämmung der Deckenschale.

7.5. Schwere Vorsatzschalen

Die leichteste Konstruktion "schwerer" Vorsatzschalen besteht aus einer 10 cm dicken Gipsplatte, die röhrenförmig mit Sand bedämpft ist. Diese Porelith-Platte hat ein Flächengewicht von etwa 80 kg/m² und wird zur Ausfachung des z. B. auf Längsdämmbügeln gelagerten Stahlfachwerks verwendet. Es ist schalltechnisch günstig, die Last der analog aufgebauten Decke über die Seitenwände abzutragen. Aus Kosten- und Platzgründen wird die Deckenschale bei großen Spannweiten aber häufig mit Hilfe von Stahlfedern von der Rohdecke abgehängt.

Wenn seitens der Statik keine besonderen Forderungen gestellt werden, erfüllt eine auf Längsdämmbügeln stehende, einseitig geputzte, mit 11,5 cm dicken Hochlochziegeln ausgefachte Stahlkonstruktion die mit diesen Stahlfedern erreichbare Schalldämmung. Trotzdem ist zu prüfen, ob bei Verwendung von 17,5 cm bzw. 24 cm dikkem Kalksandvollstein-Mauerwerk auf das Stahlfachwerk verzichtet werden sollte.

Unbedämpfte Stahlschraubenfedern und nicht ausgemauerte oder ausgefachte Stahlkonstruktionen neigen zu Eigenresonanzen, die die Schalldämmung der Vorsatzschale erheblich verschlechtern. Dies gilt im Prinzip für



Schalldämmaße abgefederter, doppelschaliger Baukonstruktionen mit Hohlraumdämpfung (Luftschallschutzmaß = +27 dB)

Wand: 17,5 cm Kalksandvollstein geputzt + 10 cm Porelith (Kurve 1)

Decke: 20 cm Beton + 10 cm Porelith (Kurve 2)

alle Metallteile der Vorsatzschalen-Konstruktion. In **Bild 4** erkennt man deutlich den Einbruch im Dämmungsverlauf, verursacht durch einen nicht ausgefachten Stahlträger. Obwohl beide Konstruktionen nach diesen Kurven ein Luftschallschutzmaß von +27 dB zeigen, ist es offensichtlich, daß sie zu verschiedenen zulässigen Grenzkurven der Störgeräusche führen würden. Es ist daher nicht möglich – wie es zum Beispiel Völker [3] vorschlägt – mit einer Einzahlangabe, sei es das Luftschallschutzmaß oder aber der Mittelwert der Schalldämmung, eine Baukonstruktion zu beschreiben, welche die Störgeräusche in der notwendigen Weise frequenzabhängig dämmt.

7.6. Bodenvorsatzschalen

Die Bodenvorsatzschale besteht üblicherweise aus einer federnd gelagerten Betonplatte, deren Schalldämmung jener der Wand- bzw. Deckenvorsatzschalen entsprechen sollte. Zur Federung der Betonplatte stehen entweder Stahlfedern oder Mineralfaserplatten zur Diskussion. Im allgemeinen werden daher Räume mit schweren Innenschalen auch einen auf Stahlfedern gelagerten, dicken Betonestrich erhalten, während beim Einbau von leichten Schalen als Bodenvorsatzschale ein schalltechnisch hochwertiger, auf Mineralfaserplatten "schwimmender" Estrich zum Einbau kommt. Je nach Ausführung der leichten Innenschalen sollten die Mineralfaserplatten eine Dicke ≥ 6 cm, die Betonplatte eine Dicke ≥ 8 cm aufweisen.

Da nach Auskunft des Herstellers Mineralfaserplatten höchstens mit 5 bis $6\,\mathrm{kN/m^2}$ belastet werden sollten, eignet sich der zuletzt beschriebene Bodenaufbau nur für Räume, in denen die geforderte Verkehrslast unter $5\,\mathrm{kN/m^2}$ ($\approx 500\,\mathrm{kp/m^2}$) liegt. Auch leichte Wandvorsatzschalen sollten nicht auf die Bodenvorsatzschale gestellt werden, da durch wechselnde Verkehrslasten vertikale Bewegungen der Wandschale auftreten würden, welche die Dichtungen der Schalendurchbrüche (Klima-, Kabelkanäle usw.) mechanisch beanspruchen.

Ein "Federboden" besteht aus armierten Fertigbetonteilen, die als "verlorene Schalung" direkt auf Längsdämmbügeln liegen. Um Schallbrücken zu vermeiden, sind die Fugen dieser Platten mit Zementmörtel abzudichten, bevor der Ortbeton aufgeschüttet wird.

7.7. Fugen und Schlitze

Unabhängig von der Konstruktion der Vorsatzschalen liegt das größte Problem der Bauausführung in der Abdichtung der Fugen und Schlitze. Soll eine Bauschale zum Beispiel ein Luftschalldämmaß von 40 dB aufweisen, so würden bereits Schlitze und Fugen, deren Fläche 1/10 000 der Gesamttrennfläche betragen, diese Dämmung auf 37 dB reduzieren. Bei dieser Betrachtung wurde nicht berücksichtigt, daß bei tiefen Frequenzen die (negativ) wirksame Spaltbreite viel größer ist als die optische.

Die Minderung der Luftschalldämmung durch nicht abgedichtete Fugen soll am Beispiel eines Sprecherraums mit einer Grundfläche von $4\,\mathrm{m}\,\mathrm{x}\,5\,\mathrm{m}$ und einer Raumhöhe von $3,8\,\mathrm{m}$ abgeschätzt werden. Betrachtet man nur drei von vielen Möglichkeiten, nämlich die Bodenfuge zwischen den aufsteigenden Wandvorsatzschalen und der Bodenplatte, die Fugen, die sich beim Einbau der beiden ummantelten Lüftungsschalldämpfer (Querschnitt $1,05\,\mathrm{m}\,\mathrm{x}\,1,1\,\mathrm{m}$) ergeben sowie eine offen bleibende Fläche bei den Kabeldurchführungen, so erhält man die in **Tabelle 1** zusammengestellten Ergebnisse dieser Abschätzung.

	Boden- fuge	Dämpfer- fuge	Kabelkanal- öffnung	
Fugenbreite (cm)	2	3	_	
Gesamtfläche (m²)	20,0	19,0	15,2	
offene Fläche (m²)	0,36	0,25	0,015	
Tiefe des Aus- stopfens mit Mine- ralfasermaterial (cm)	5	10	5	
max. mögliches Schalldämmaß bei 500 Hz Fuge offen Fuge ausgestopft	17 26	19 36	30 39	

Tabelle 1

Während durch die Bodenfuge "nur" die Luftschalldämmung der Vorsatzschale begrenzt wird, beschränken die Fugen der Dämpfer- bzw. Kabeldurchbrüche die Dämmung der gesamten Wandkonstruktion. Aus dem obigen Beispiel kann man ersehen, daß ungenügend abgedichtete oder nur mit Mineralfasern ausgestopfte Fugen die dämmende Wirkung jeder Vorsatzschale zunichte machen und sogar noch die Schalldämmung der tragenden Wand herabsetzen können.

7.8. Zusammenfassung

Wie oben gezeigt wurde, ist der Einbau einer Vorsatzschale in fast allen Studios erforderlich. Bei der Gegenüberstellung der beiden Schalenbauweisen ergibt sich folgendes:

- Das für den Einbau beider Schalenarten benötigte Raumvolumen ist n\u00e4herungsweise gleich gro\u00df.
- Beide Konstruktionen müssen federnd gelagert werden.
- 3. Es ist nicht sinnvoll, in hohen Studios leichte Vorsatzschalen einzubauen, da die Kosten dieser Bauschale durch das in diesen Fällen stets vom Statiker geforderte, ausgemauerte Stahlfachwerk entstehen.
- Bei Hochhausbauten müssen Tragekonstruktionen und Wandbekleidung unbrennbar sein. Ein Holzständerwerk ist daher unzulässig.
- 5. Die teurere, schwere Vorsatzschale erhöht die Luftschalldämmung der Primärkonstruktion stärker.

- Bei der Montage der raumakustischen Verkleidung und der Absorber werden biegeweiche Platten versteift. Für diese Montage sind häufig zusätzliche Hilfskonstruktionen erforderlich.
- Kabeldurchführungen durch dünne Wände lassen sich schwer abdichten. Dies gilt besonders beim späteren Nachziehen von Leitungen.
- In leichte Vorsatzschalen lassen sich keine Studio-Stahltüren einbauen, obwohl diese Anordnung schalltechnisch günstiger wäre.

Die obige Zusammenstellung der bei der Bauausführung auftretenden Probleme ist mit Sicherheit nicht vollständig, sie zeigt aber, daß die Wahl leichter Vorsatzschalen eine größere Anzahl von schalltechnischen Problemen nach sich zieht und eine intensivere Bauaufsicht erfordert als bei schweren Schalen. Sieht man zunächst davon ab, daß in einigen Fällen die Schalldämmung der Leichtbauweise nicht ausreicht, um in Studios die Störgeräusch-Grenzkurven einzuhalten, so spricht vieles dafür, auch in den übrigen Fällen eine schwere Vorsatzschale zu wählen, deren Erstellung übersichtlicher und schalltechnisch sicherer ist.

Setzt man die Mehrkosten dieser Konstruktion nicht nur in Relation zu den Gesamtkosten eines Funkhausrohbaus, wie es Nutsch [5] gezeigt hat, sondern berücksichtigt zusätzlich die Kosten der häufig von den Architekten gestalteten, raumakustischen Auskleidung der Studios und Regieräume, so ist das Kostenproblem hier von untergeordneter Bedeutung.

SCHRIFTTUM

- [1] K u h l , W.: Zulässige Geräuschpegel in Studios, Konzertsälen und Theatern. Acustica 14 (1964), S. 355 bis 360.
- [2] Lamparter, H.: Ergebnisse eines mit Tonmeistern und Toningenieuren durchgeführten Hörtests zur Frage zulässiger Geräuschpegel in Studios und Regieräumen. Rundfunktechn. Mitt. 22 (1978), S. 259 bis 260.
- [3] Völker, E.-J.: Akustik und Aufnahmetechnik im modernen Hörfunk- und Fernsehstudio Anforderungen im Wandel. Nachrichtentechn. Fachber. 56 (1976), Hörrundfunk 4, S. 199 bis 207.
- [4] Mechel, F.; Royar, J.: Hohlraumdämpfung in zweischaligen Trennwänden. Z. für wksb, neue Folge, H. 5 (1977), S. 23 bis 26.
- [5] Nutsch, J.: Die Baukosten von Tonaufnahmeräumen. Rundfunktechn. Mitt. 22 (1978), S. 269 bis 272.
- [6] Tarnóczy, T.: Das durchschnittliche Energie-Spektrum der Sprache (für sechs Sprachen). Acustica 24 (1971), S. 57 bis 64.
- [7] Jakubowski, H.: Das Problem der Programmlautstärke. Rundfunktechn. Mitt. 12 (1968), S. 53 bis 58.
- [8] De Lange, P. A.; Kosten, C. W.: Kann die Technik mehr leisten zur Förderung der Wohnruhe? Die Schalltechnik 22 (1962), S. 26 bis 29.

8. DIE BAUKOSTEN VON TONAUFNAHMERÄUMEN

VON JOACHIM NUTSCH, MÜLLER-BBM GMBH, PLANEGG BEI MÜNCHEN

Der Neubau von Rundfunkstudios erfordert nicht nur die Lösung technischer Probleme, sondern der schalltechnische Berater steht immer wieder vor der Frage, welche wirtschaftlichen Aufwendungen er seinem Bauherrn zumuten muß, damit dieser in akustischer Hinsicht voll funktionsfähige Räume erhält. Hier soll daher kurz dargestellt werden, welche Kosten für den Bau von Studios entstehen. Die Fragestellung wird begrenzt auf das Problem:

Welche Innenausbaukosten entstehen dann, wenn man die ARD-Grenzkurven für Rundfunkstudios einhalten will?

Um einigermaßen repräsentative Werte zu erhalten, müssen folgende Einschränkungen gemacht werden:

- Für die Kostenberechnung werden keine Einzelstudios herangezogen. Die geringen Baumassen können das Kostenbild unter Umständen beträchtlich verzerren.
- 2. Bautechnische Sonderfälle werden nicht berücksichtigt.

Solche Sonderfälle liegen vor, wenn z. B. Einzelstudios von ruhigen Räumen umgeben sind oder wenn eine einzige Störquelle genau lokalisierbar ist.

Im ersten Falle dienen diese "ruhigen Räume" bzw. deren Wände als schalldämmende "Vorsatzschalen", im zweiten Falle ist der aktive Schallschutz, d. h. die schalltechnischen Maßnahmen unmittelbar an der Schallquelle, sicher einfacher und kostengünstiger als der passive, d. h. die bauakustische Isolation des Studios.

Die Untersuchung wurde auf Tonaufnahmestudios beschränkt, die in einem Betriebsgebäude liegen. Diese Studios sind gegen Straßenverkehrslärm (unter Umständen gegen Fluglärm) ebenso zu isolieren wie gegen Störgeräusche, die innerhalb des Hauses entstehen und in das Studio eingeleitet werden. Räume für haustechnische Anlagen sowie interne Verkehrsflächen sind um die Studiokomplexe herum angeordnet und manchmal sogar in sie eingeschoben.

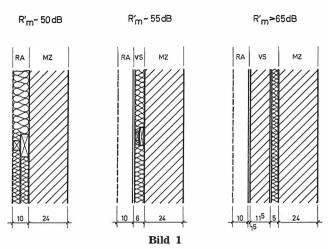
Für die Untersuchung wurden außerdem folgende Voraussetzungen gemacht:

- Alle genannten Preise sind Nettopreise. Sie sind, sofern dies notwendig war, auf das Preisniveau vom Frühjahr 1978 umgerechnet worden.
- 2. Die Untersuchungen sind auf drei konstruktiv einfache Fälle beschränkt worden, d. h. es wurden allgemein gebräuchliche Baukonstruktionen einander gegenübergestellt, die durch jede Hochbaufirma herstellbar sind. Diese Einschränkungen mußten deshalb gemacht werden, weil auch hier Sonderfälle denkbar sind, wo die eine oder die andere Spezialkonstruktion (z. B. extreme Leichtbauweise) technische Notwendigkeit ist und andere Vorteile bietet.

Die Untersuchungen sind an den Studioneubauten des Süddeutschen Rundfunks in Stuttgart und an den Studios des Instituts für Film und Bild in München durchgeführt worden.

Die drei für die Untersuchung benötigten Baukonstruktionen von Studiowänden sind in **Bild 1** dargestellt.

- 1. Der einfachste Aufbau einer Studiowand besteht aus einer tragenden Mauer-Ziegelwand und einem innen aufgesetzten, breitbandigen Absorber. Mit dieser Konstruktion sind mittlere Schalldämmaße R'_m von etwa 50 dB erreichbar.
- 2. Das mittlere Schalldämmaß R'_m kann um 5 dB auf etwa 55 dB (in Abhängigkeit von den Flankenwegübertragungen) gesteigert werden, wenn auf die tragende Mauer-Ziegelwand eine schalldämmende Vorsatzschale (VS) aufgesetzt wird. Auf diese Vorsatzschale ist wiederum die notwendige raumakustische Auskleidung des Studios (RA) aufgesetzt.
- 3. Mittlere Schalldämmaße, die größer als 65 dB sind, können mit einer schalldämmenden Vorsatzschale aus Ziegelmauerwerk erreicht werden, die in einem Stahlfachwerk angeordnet ist. Die gesamte Vorsatzschale ist vom Bauwerk durch körperschallisolierende Federisolatoren getrennt. Auf dieser schweren Schale ist



Typische Baukonstruktionen von Studiowänden

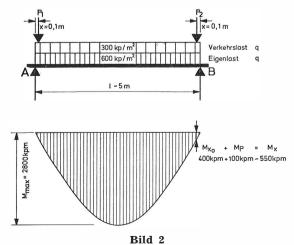
wiederum die raumakustische Auskleidung angebracht.

Im folgenden werden die verschiedenen Einflüsse untersucht, die kostensteigernd wirken können:

1. Kostenmehrungen durch Einflüsse der Statik

Oft wird bei Planungsgesprächen der Einwand erhoben, daß Studioisolationen schon deshalb zur Verteuerung führen, weil sie wie im Falle des Ausbauzustandes 3 schwer sind und einen erhöhten Aufwand in der tragenden Baukonstruktion erfordern. Bild 2 erläutert die statischen Gegebenheiten für den einfachen Fall des Balkens auf zwei Stützen.

Für die Bemessung einer Stahlbeton-Massivplattendecke (zweiseitig aufgelegt) ist das maximale Feldmoment M_{max} maßgebend. Die statisch notwendige Plattendicke und der Querschnitt der in der Zugzone liegenden Stahlbewehrung werden unter Zugrundelegung des maximalen Feldmomentes in Feldmitte bestimmt. An der Stelle X nahe einem Deckenauflager ist das Moment, welches sich aus der Eigenlast der Decke und der gleichmäßig verteilten Verkehrslast ergibt, nur noch ≈ 15 % des maximalen Feldmomentes. Zu diesem M_x ist das Zusatzmoment zu addieren, das sich aus der Auflast der schweren schalldämmenden Vorsatzschale ergibt. M_x vergrößert sich um etwa 25 % auf 550 kpm. Das neue Moment an der Stelle X beträgt damit etwa 20 % des maximalen Feldmomentes. Um die zusätzlichen Lasten aus den schweren Vorsatzschalen aufzunehmen, sind deshalb bei richti-



Statische Prinzipskizze einer Studiodecke

ger Grundrißplanung weder zusätzliche Bewehrungsstähle noch zusätzlicher Beton erforderlich. Erhöhungen der Baukosten sind deshalb im Bereich der Statik nicht oder nur in sehr geringem Umfange zu erwarten.

Eine ähnliche Abschätzung ließe sich für die Fundamente eines Gebäudes durchführen. Auch in diesem Falle sind die ohnehin vorhandenen Lasten bereits so groß, daß die Zusatzlast, die sich aus schalldämmenden Vorsatzschalen schwerster Ausführung in einzelnen Geschossen ergeben kann, bei der Bemessung der Fundamente nicht mehr ins Gewicht fällt.

2. Kostenmehrung durch Flächenvergrößerung

Die Bruttofläche eines Studios muß in der Planung vergrößert werden, wenn zusätzliche schalltechnische Maßnahmen in Form von schalldämmenden Vorsatzschalen ausgeführt werden sollen. In **Bild 3** sind für drei verschiedene Studiotypen des Süddeutschen Rundfunks die Vergrößerungen der Grundflächen berechnet worden, wobei als Bezugsgröße die Nettofläche des Studios zuzüglich der für eine raumakustische Verkleidung von 10 cm Tiefe benötigten Fläche angesetzt wurde.

Für die Ausbaustufe 2 (nach **Bild 1**) ergeben sich Erhöhungen der Bruttofläche um 3,3 bis 4,2 %. Bei der Ausbaustufe 3 betragen diese Erhöhungen 9,4 bis 11,8 %.

Diese Zahlen erscheinen, insbesondere bei der Ausbaustufe 3, beträchtlich und legen den Schluß nahe, daß eine gute Luftschallisolation von Studios einen beträchtlichen Aufwand an zusätzlicher Geschoßfläche erfordert.

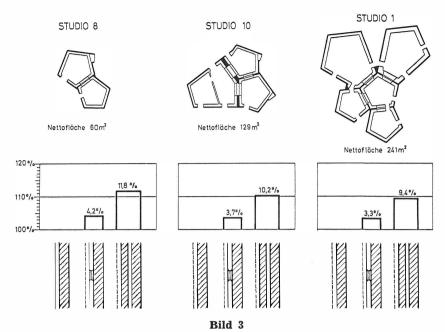
Man muß jedoch bedenken, daß bei dieser Rechnung die Verkehrsfläche, d. h. diejenige Fläche, die zur Erschließung der Studios notwendig ist, nicht berücksichtigt wurde. Der Anteil der Verkehrsflächen beträgt etwa 40 bis 50 % der Nutzflächen. Betrachtet man nun die Flächenvergrößerung durch Schallisolationsmaßnahmen unter Zugrundelegung der Gesamtfläche eines Studiokomplexes, so ist die prozentuale Flächenvergrößerung durch Schallisolationsmaßnahmen schon sichtlich geringer.

Bezieht man in die Betrachtung die gesamte Geschoßfläche, die ein Funkhaus mittlerer Größe benötigt, ein, so stellt sich der erforderliche Aufwand für schallisolierende Maßnahmen etwa wie folgt dar: Das Gebäude des Süddeutschen Rundfunks hat eine Gesamtnutzfläche von etwa 48 000 m². Diese gesamte Nutzfläche läßt sich entsprechend den Einzelfunktionen so aufteilen, wie dies in Bild 4 dargestellt ist. Die Nutzfläche der Studios beträgt nach dieser Aufteilung nur etwa 5,2 % der Gesamtnutzfläche. Vergrößert man diese Studiofläche um etwa 10 %, was etwa dem Mittelwert der in Bild 3 dargestellten Flächenvergrößerung entspricht, so bedeutet dies, daß sich die Studiofläche um etwa 250 m² vergrößert. Bezogen auf die Gesamtfläche des Gebäudes ergibt sich also ein Flächenzuwachs von etwa 0,5 %.

Bringt man für den Rohbau einen Preis von etwa DM 600,-/m² in Ansatz, so ergibt sich absolut eine Mehrung für die Rohbaukonstruktion von DM 150 000.-.

3. Kostenmehrung durch Volumenvergrößerung

Eine ähnliche Abschätzung des für den Rohbau notwendigen Mehraufwandes an Baukosten kann man nun für die Volumenänderung durchführen. Das Volumen des Studiokomplexes vergrößert sich nicht nur durch das Volumen, das die Vorsatzschalen benötigen, da ja zusätzliche Vorsatzschalen an der Decke bzw. am Fußboden angebracht werden müssen. Am Fuß-



Vergrößerung der Studionettofläche bei Vorsatzschalen

boden geschieht dies in der Regel dadurch, daß der ohnehin zur Trittschallisolation notwendige schwimmende Estrich von etwa 7 cm auf etwa 20 cm erhöht

Das Ergebnis einer solchen Abschätzung liefert folgende Zahlen für die Volumenvergrößerung:

Kleine Räume mit einer Grundfläche von

etwa 30 m2: Volumenerhöhung ≈ 22 %

Große Räume, z. B. reflektionsarmer Raum

in Studio 10 mit 11/2 Geschossen:

Volumenerhöhung \approx 15 $^{0}/_{0}$.

Bezogen auf das Gesamtvolumen des Gebäudes ist der Zuwachs auch hier gering. Die Mehraufwendungen für die Rohbaukonstruktion werden in der Größenordnung derjenigen Mehrkosten liegen, die bei der Betrachtung der Flächenvergrößerung errechnet wur-

4. Kostenmehrung durch den Innenausbau

Betrachtet man nur die über die Flächenvergrößerung oder die Volumenvergrößerung gewonnenen Kostenmehrungen, so entsteht ein vergleichsweise günstiges Bild der Mehrkosten für die zusätzliche Schallisolation. Versucht man jedoch, aus den tatsächlichen Wand- und Deckenflächen eines Studios und den tatsächlichen Baupreisen die Mehrkosten für die Schallisolation zu gewinnen, so treten wesentliche Verschiebungen in den ungünstigen Bereich auf. Für die Studiowände ergeben sich folgende Zahlen:

NUTZFLÄCHE	Fläche (m²) 48 000		////1009%
BÜRO'S	10 600	7777	22,1 %
ARCHIVE	5 800		12,1 %
SITZUNG / KASINO	1400	0	2,9 %
TECHN. RÄUME	6 500		13,5 %
NASSRÄUME	1 700	0	3,5°/。
STUDIO'S	2500	1	5,2%
GARAGE	10 000	7777	20,8 %
VERKEHRSFLÄCHE	9 200		19,2%

Bild 4 Verteilung der Nutzflächen in einem Funkhaus

- Ausbauzustand 2 (nach Bild 1) $DM = 60, -/m^2$ - Ausbauzustand 3 (nach Bild 1) DM 190,-/m².

Für die Deckenkonstruktion des Studios lauten die entsprechenden Zahlen:

 Ausbauzustand 2 $DM 45,-/m^2$

DM $280,-/m^2$. Ausbauzustand 3

In beiden Fällen sind die Kosten für die raumakustische Verkleidung nicht in den angegebenen Quadratmeterpreisen enthalten.

Am geringsten sind die Mehrkosten bei der Fußbodenkonstruktion. Dies hängt damit zusammen, daß auch bei einfachstem Studioausbau ein schwimmender Estrich wegen der unbedingt erforderlichen Trittschallisolation und der notwendigen Elektroinstallation im Boden vorhanden sein muß.

Die Kosten für den Fußbodenaufbau belaufen sich

- Ausbauzustand 1 und 2 $DM 20,-/m^2$ Ausbauzustand 3 DM $40,-/m^2$.

Die Mehrkosten für höchstmögliche Schallisolation eines Studios betragen im Fußbodenbereich absolut nur DM $20,-/m^2$.

5. Die Gesamtkosten für Studioausbau

Für die drei verglichenen Studiotypen sind in Bild 5 die absoluten Kosten zusammengestellt. Haustechnische Einrichtungen wie Klimatechnik, Beleuchtungstechnik usw. sind pauschal mit 30 % der Baukosten erfaßt. Nicht erfaßt wurden rundfunkspezifische Einrichtungen wie Regietische, Abspieleinrichtungen einschließlich der dazugehörigen Verkabelung. Die in Bild 5 aufgeführten Zahlen beziehen sich direkt auf das Studio und nicht auf die zur Erschließung des Studios notwendigen Verkehrsflächen. Die Baukosten für diese Räume sind in den genannten Baukosten nicht enthalten.

Für ein Studio in der Ausbaustufe 2, d. h. ein Studio mit verbesserter Luftschallisolation, betragen die Kosten für die Luft- und Körperschallisolation je nach Studiogröße 10 bis 15 % der Kosten für die Grundausstattung des Studios.

Realisiert man die höchste Ausbaustufe, d. h. die Ausbaustufe 3, so erhöhen sich die Grundkosten des Studios um etwa 50 bis 55 $^{0}/_{0}$.



ROHBAU	36 000	78000		145000	
RAUMAKUSTIK	37500	66000		117 000.~	
FENSTER	2700	5400		8 100	
TÜREN	2 800	7000		7 000	
HAUSTECHNIK	23700-	47000		82800	
	102.700	203000		361 000	
AUSBAU 2	15 800.→ +15,4 9	/ _e 28200	+14,0°/ ₀	37600	+10,4 %
AUSBAU 3	55300 +54,0°	100 200	+49,0°/°	180 000	+50,0°/°

Bild 5

Baukosten in Abhängigkeit von Studiogröße und Studioausbau

Zusammenfassung

Anhand der vorgelegten Zahlen läßt sich die Frage, ob die sicher sehr scharfe Forderung der ARD-Grenzkurven für Rundfunkstudios gerechtfertigt ist, kaum erschöpfend beantworten. Sicher addieren sich die Einzelbeträge, die für ein Studio zur Vollisolation aufgewendet werden müssen, zu erheblichen Summen auf, jedoch kann man unter Zugrundelegung der vorgelegten Zahlen die nachstehenden Schlußfolgerungen ziehen:

Verglichen mit den Gesamtbaukosten, die zur Errichtung eines Funkhauses aufgewendet werden müssen, sind die Mehrkosten für eine sehr gute Schallisolation sicher klein.

Hinsichtlich der Nutzung und der Variabilität von Rundfunkstudios innerhalb eines Funkhauses ist der Mehraufwand sicher gerechtfertigt. Die, verglichen mit den reinen Baukosten, hohen Investitionskosten rundfunktechnischer Einrichtungen sind nur dann sinnvoll, wenn sie auch intensiv, d. h. ohne jede zeitliche Beschränkung, genutzt werden können.

Korrekturen fehlerhafter Produktionen, die durch un-

zureichende Schallisolation entstehen, erfordern laufend beträchtliche Personalkosten, die einen einmaligen Mehraufwand für Investitionen rechtfertigen.

Die Planung von Funkhäusern soll unter der Voraussetzung erfolgen, daß größere bauliche Maßnahmen zur Anpassung von Studios an neue technische Entwicklungen, z.B. die Vergrößerung der Dynamik von Sendungen usw., nicht erforderlich werden.

Auf der anderen Seite ist es sicher nicht notwendig, alle Studios eines Funkhauses in gleicher Qualität auszustatten, vor allen Dingen dann nicht, wenn die Funktion bestimmter Studios von vornherein festliegt. Eine Unterscheidung der Anforderungen hinsichtlich des höchstzulässigen Störpegels in Abhängigkeit von der Funktion des Studios wäre beispielsweise in folgender Form denkbar:

 Produktionsstudios 	15 dB(A)
- Sendestudios	25 dB(A)
– sonstige Studios, z. B.	
Regionalstudios usw.	30 dB(A).

9. ERGEBNISSE DER DISKUSSION DER VORTRÄGE

VON GEORG PLENGE, INSTITUT FÜR RUNDFUNKTECHNIK, MÜNCHEN

Im folgenden wird zusammenfassend über die Ergebnisse der teilweise sehr ausführlichen und lebhaften Diskussion berichtet. Nicht in allen Punkten konnte Einigkeit erzielt werden, in diesen Fällen werden die gegensätzlichen Argumente genannt. Behandelt wurden im wesentlichen die Punkte:

- Vor- und Nachteile schwerer und leichter Vorsatzschalen.
- 2. Probleme bei der Bauausführung,
- Auswirkungen von Dynamikeinengung und Kompanderanwendungen auf die Grenzkurven,
- 4. Mögliche Korrekturen der Grenzkurven.

9.1. Vor- und Nachteile schwerer und leichter Vorsatzschalen

Bei der Bauplanung von Studiobauten muß der Planende neben den Kosten noch eine Reihe weiterer Faktoren berücksichtigen. In den meisten Fällen wird dann der Kostenvorteil leichter Vorsatzschalen durch bestimmte Nachteile aufgehoben. Diese Faktoren sind:

 a) Bei tiefen Frequenzen – etwa unterhalb 100 Hz – lassen sich mit leichten Vorsatzschalen keine ausreichenden Schalldämmungen erzielen.

Im Fall kleiner Sprecherstudios, in denen bei der Aufnahme durch elektrische Filter die störenden Geräuschanteile unterhalb 100 Hz wesentlich vermindert werden können, ist jedoch gegen den Einsatz leichter Schalen aus diesem Grund nichts einzuwenden.

Die Meinungen, daß der Einsatz eines Hochpasses mit etwa 80 Hz Grenzfrequenz zulässig ist, waren geteilt, auch darüber, ob die Grenzfrequenz nicht höher liegen müsse, etwa bei 120 Hz oder noch höher.

- b) Bei Studios mit einer lichten Höhe von über 3 m ist die Standfestigkeit einer leichten Versatzschale nicht ausreichend und eine schwere Schale in jedem Fall vorzuziehen.
- c) Leichte Vorsatzschalen sollen möglichst biegeweich sein. Dem steht aber entgegen, daß die Verlegevorschriften z. B. für Rigipsplatten nur einen Lattenabstand von 62,5 cm zulassen. Die Lattungen im Bereich von Türen, Klimaauslässen usw. müssen meist noch viel enger aufgebaut werden.
- d) Leichte Vorsatzschalen sind problematisch bei der Anbringung schwerer Gegenstände.
- e) Leichte Vorsatzschalen sind wesentlich anfälliger für Fehler bei der Bauausführung als schwere Vorsatzschalen, insbesondere bei der Abdichtung von Fugen.
- f) Schwere Vorsatzschalen verbieten sich bisweilen aus Gewichtsgründen, insbesondere bei Hochhausbauten.

9.2. Probleme bei der Bauausführung

Dieser Punkt hat in der Diskussion einen breiten Raum eingenommen, obwohl er nicht direkt zum Themenkreis dieses Seminars gehörte. Darin drückt sich ein Unbehagen aller Planenden aus: die wohl berechtigte Sorge, daß bei noch so sorgfältiger Planung der Erfolg auch aufwendiger Maßnahmen durch Fehler am Bau zunichte gemacht werden kann. Das Problem ist keineswegs neu, nur haben es neue und kompliziertere Bauweisen noch verstärkt, oder wie es ein Diskussionsteilnehmer ausdrückte: Das Bauen ist wissenschaftlicher geworden, die Akustik am Bau ebenfalls, nur die Baudurchführung hat damit nicht Schritt halten können. Dies sei auch verständlich, denn vor Ort könne man sich den Wissenschaftler nicht leisten.

Zunächst wurde die Frage gestellt: Wird am Bau geschludert oder resultieren die Baumängel aus mangelndem Verständnis für die geforderten Maßnahmen und ihre physikalischen Hintergründe?

Ergebnis:

Beides tritt auf, in der Mehrzahl der Fälle liegt es jedoch an der mangelnden Einsicht der Bauleiter und daran, daß diese in der Regel überlastet sind und zunächst "wichtigere" Aufgaben, wie Fragen der Statik usw., im Auge haben.

Um hier Abhilfe zu schaffen, wurde im wesentlichen folgendes vorgeschlagen:

- a) Jeder Studiobau soll möglichst ständig von einem akustischen Bauleiter überwacht werden.
- b) Dieser Bauleiter soll ein Bauingenieur mit einer zusätzlichen akustischen Ausbildung sein.
- c) Auftraggeber dieses Bauleiters soll nicht die ausführende Firma, sondern der Bauherr sein.
- d) Es soll ein Baubuch über die Durchführung aller für die Akustik relevanten Maßnahmen geführt werden.
- e) Es sollen entsprechend dem Baufortschritt häufiger akustische Messungen durchgeführt werden. Die Termine für diese Messungen sollen rechtzeitig auch den ausführenden Firmen bekanntgegeben werden; das Wissen um die anstehenden Termine erzwingt ein sorgfältiges Arbeiten. Für Vorbereitungen der Messungen sollen ggf. noch vorhandene Öffnungen, wie fehlende Regiefenster, Türen usw., provisorisch verschlossen werden, um möglichst sichere und "unangreifbare" Ergebnisse zu bekommen. Die entstehenden Mehrkosten werden durch die Vorteile dieses Verfahrens mehr als gerechtfertigt.

Im Verlauf der Diskussion wurde auch vorgeschlagen, das IRT möge Kurse anbieten, in denen Bauleiter entsprechend ausgebildet werden. Abgesehen davon, daß dies zunächst eine Aufgabe der Schule für Rundfunktechnik wäre, sieht das IRT erhebliche Schwierigkeiten für die Durchführung und den Nutzen eines solchen Kurses, weil diese speziellen Kenntnisse nur auf dem Bau selbst und über lange Zeiträume – in denen sozusagen alles einmal vorgekommen ist – erworben werden können. Trotzdem wird überlegt, ob nicht ein Grundkurs angeboten werden kann, in dem ein beschränktes theoretisches Wissen vermittelt wird, das es dem zukünftigen Bauleiter ermöglicht, die nötigen praktischen Kenntnisse am Bau leichter zu erwerben.

9.3. Mögliche Auswirkungen von Dynamikeinengung und Kompanderanwendungen auf die Grenzkurven

Wie im Vortrag von Horst Jakubowski näher ausgeführt, ist die beim Hörer verfügbare Dynamik zur Zeit begrenzt durch das Magnettonband und die Güte bzw. Reichweite der hochfrequenten Übertragung.

Es wurde daran anknüpfend zunächst diskutiert, ob man sich an den Möglichkeiten des bestversorgten Hörers, des am Rande eines Versorgungsgebietes liegenden oder eines "mittleren" Hörers orientieren müsse; mit anderen Worten, ob es sich lohne, beim Studiobau und bei der Signalverarbeitung im Funkhaus mit einer Qualität zu arbeiten, die der Mehrzahl der Hörer letztlich nicht zugute kommt.

Es konnte keine Einigkeit erzielt werden, ob man dem mittleren Hörer oder dem bestversorgten mit der aufwendigsten Empfangsanlage genügen müsse. Diese Grundsatzfrage des Rundfunks wurde also auch hier nur ausgesprochen, ohne daß sie beantwortet werden konnte.

Aber auch dann, wenn man sich auf den Standpunkt stellt, daß nur die Möglichkeiten des mittleren Hörers unsere Forderungen bestimmen sollten, ist zu erwarten, daß Speichertechnik und Übertragungstechnik verbessert werden und damit – insbesondere bei Anwendung von Kompanderverfahren – bisher für den mittleren Hörer nicht hörbare oder tolerierbare Störgeräusche aus dem Studio nicht mehr tragbar sind, weil diese dann allein für ein schlechtes Signal/Rauschverhältnis verantwortlich sind. An einer mangelhaften Qualität der jetzt zu bauenden Studios, die dann weiterverwendet werden müssen, ist aber nur mit großem Aufwand etwas oder nichts mehr zu ändern.

9.4. Mögliche Korrekturen der Grenzkurve

Die Ergebnisse der Vorträge und der Diskussion zusammenfassend läßt sich sagen:

Die Rundfunkanstalten wären schlecht beraten, wenn sie die seinerzeit aus gutem Grund relativ hoch gesteckten Forderungen an die Geräuschfreiheit von Studiobauten reduzierten, und zwar aus folgenden Gründen:

- a) Die Kostenersparnis ist gemessen an den Gesamtkosten eines Funkhausbaus und Funkhausbetriebs – unerheblich.
- b) Studiobauten sind die langlebigsten Investitionen im Rundfunkbetrieb überhaupt, sie müssen zukunftssicher sein. Speicher- und Übertragungstechnik werden sicher weiter verbessert; mit welcher Aufnahmetechnik in 10 oder 20 Jahren gearbeitet wird, kann niemand vorhersagen; ob die Technik der Mikrofone im Nahfeld der Schallquellen – aus der bisweilen der Anspruch auf eine Lockerung der Forderungen abgeleitet wird – bleibt, ist ebenfalls völlig offen.
- c) Auch eine Unterteilung der Studios in solche, die hohen Anforderungen genügen müssen, und solche, in denen man sich mit geringen begnügen könnte wie in Popmusikstudios –, ist nicht sinnvoll. Einmal wissen wir auch hier nicht, wie die Anforderungen in 20 Jahren sein werden, zum anderen verlangt ein universeller Einsatz aller im Funkhaus verfügbaren Studios auch gleiche raum- und bauakustische Güte.

AUSSTELLUNG DER NATIONAL ASSOCIATION OF BROADCASTERS (NAB-CONVENTION)

LAS VEGAS, 9. BIS 12. APRIL 1978

1. Einleitung

Für 290 Aussteller boten das großzügige Las Vegas Convention Center und die zahlreichen "Hospitality Suites" der umliegenden Hotels einen optimalen Rahmen für die Darbietung ihrer technischen Neuerungen auf dem Gebiet von Hörfunk und Fernsehen. Auf einer bisher nicht erreichten Ausstellungsfläche von fast 12 000 Quadratmetern spannte sich das Angebot von ganzen Systemen – eine Tendenz, die bei Großfirmen immer stärker festzustellen ist – bis hin zu Einzelprodukten rühriger Kleinbetriebe.

Bei der Fülle der Aussteller und des Angebots ist es praktisch nicht möglich, jeden einzelnen Aussteller anzusprechen, geschweige denn alle seine Produkte eingehend kennenzulernen. Es ist bereits nicht einfach, die wirklichen "Highlights" der Ausstellung mitzubekommen. Die an jedem "Booth" (Stand) immer wieder gestellte Frage "Was ist neu in diesem Jahr?" läßt sich je nach Standpunkt mit "viel" oder "wenig" beantworten: viel, wenn man die Vielzahl von Neuausführungen, Nachfolgetypen oder Zusätzen zu bisherigen Geräten betrachtet; wenig, wenn man an Erstvorstellungen denkt, von denen man bisher noch nichts gehört hatte. Die Komplexität der heutigen Geräte und die damit verbundene lange Entwicklungszeit verursachen diesen Tatbestand. Wie auf den meisten anderen Gebieten besteht auch in der Rundfunktechnologie eine "inkrementale Revolution", die das "Neue" letztlich ausmacht - so die treffende Formulierung in einem amerikanischen Vorbericht zur Ausstellung. Nach der Solid-State-Phase wurde jetzt mit dem Mikroprozessor und der Digitalisierung eine neue Phase

2. ABC der 1-Zoll-Schrägspuraufzeichnung

Ein Schwerpunkt der Ausstellung war zweifellos die Frage nach dem bevorzugten 1-Zoll-Schrägspuraufzeichnungsstandard. Während bei der gleichen Ausstellung vor zwei Jahren AMPEX, BOSCH-Fernseh und SONY mit ihren Prototypen einer den hohen Rundfunkansprüchen genügenden neuen Gerätegeneration herauskamen, wobei jede Maschine einen anderen Standard benutzte. wurde zwischenzeitlich die Frage nach Vereinheitlichung und Kompatibilität immer dringender. Nach intensiven Bemühungen von Arbeitsgruppen der SMPTE und der UER haben sich schließlich drei Standardempfehlungen herauskristallisiert: das Typ-A-Format für Maschinen, wie es von AMPEX in ihrer 7000-Serie und in ihren neueren Typen VPR-1 und VPR-10 benutzt wird (dieser Standard war fortzuführen, da bereits eine große Anzahl dieser Maschinen im Gebrauch ist), Typ-B-Format für das von BOSCH-Fernseh entwickelte "segmentierte" Format der BCN und schließlich das Typ-C-Format, das weitgehend dem alten SONY-Format entspricht, wobei aber mittels eines zusätzlichen "Sync"-Kopfes die Möglichkeit besteht, auch die vertikale Austastlücke mitzuerfassen.

Welche firmenmäßige Aufteilung bestand auf der NAB für diese drei Standards? Nun, AMPEX zeigte, neben den bisherigen nach dem A-Standard arbeitenden Maschinen VPR-1 und der tragbaren Ausführung VPR-10, in der gleichen Aufmachung die nach dem neuen Typ-C-Format arbeitenden Maschinen VPR-2 und VPR-20. Die Grundversionen sind hier "Non-Sync"-Maschinen mit "Sync"-Kanal und Automatic Scan Tracking (AST) als Option. Neben der NTSC-Ausführung der Typ-C-Maschine wurde auch die PAL-Version gezeigt. Von BOSCH-

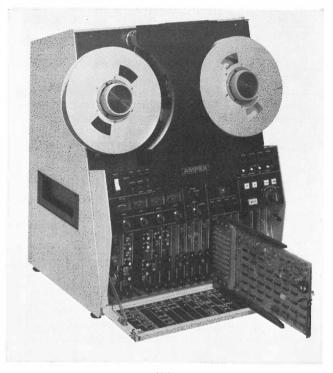
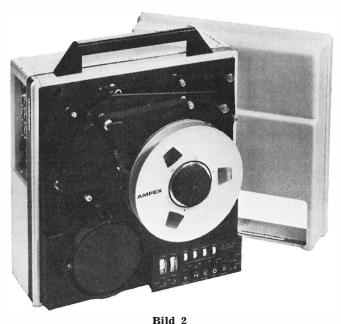


Bild 1
1-Zoll-Magnetband-Aufzeichnungsgerät
VPR-2, Typ-C-Format, von AMPEX

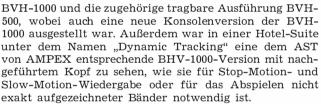
Fernseh war die unveränderte Modellpalette ihrer nach dem Typ-B-Format arbeitenden BCN-Reihe zu sehen: angefangen von den Standmodellen BCN 40/50 über die portable Ausführung BCN 20 bis hin zur bisher nur beim Typ-B-Format realisierten Kassettenversion BCN 5. Und SONY zeigte die nun auf das Typ-C-Format adaptierte



Tragbares 1-Zoll-Magnetband-Aufzeichnungsgerät VPR-20, Typ-C-Format, von AMPEX



Bild 3
1-Zoll-Magnetband-Aufzeichnungsgerät
BCN-50, Typ-B-Format, von BOSCH-Fernseh



Wie sah es nun bei den übrigen Anbietern von Video-aufzeichnungsgeräten aus? Kooperation beim Bau und Verkauf von Maschinen im Typ-B-Format bestehen bei BOSCH-Fernseh mit PHILIPS; Verkaufsrechte wurden außerdem IVC und RCA eingeräumt. Mit Maschinen vom Typ-C-Format beliefert AMPEX MARCONI (dort unter der Typenbezeichnung MR-2 und MR-20) und SONY RCA (dort unter der Typenbezeichnung TH 100 und TH 50). Zur Ausstellung überraschten AMPEX und PHILIPS mit einer Zusammenarbeit, die sich in der einen Richtung auf 1-Zoll-Schrägspuraufzeichnungsmaschinen erstreckt. Im Rahmen dieser Kooperation wird PHILIPS die Maschinentypen VPR-2 und VPR-20 mitvertreiben.

Beide Lager versuchten eindrucksvoll, die Vorteile ihres Formats darzustellen. In einer amerikanisch aufgezogenen "Reel Challenge Show" bei BOSCH-Fernseh verkörperten drei Showgirls die drei Formate A, B, C und ließen in einem "System Game" und einem "Tape Path Game" jeweils das BCN-Format als Sieger hervorgehen. Neben der bisher nur beim Typ-B-Format realisierten Kassettenversion konnte auch der insbesondere für die Editierung notwendige Stop-, Slow- und Fast-Motion-Betrieb – hier allerdings unter Verwendung eines digitalen Speichers mit zusätzlichen "optischen" Trickmög-



Bild 4
Tragbares 1-Zoll-Magnetband-Aufzeichnungsgerät
BCN-20, Typ-B-Format, von BOSCH-Fernseh

lichkeiten – eindrucksvoll demonstriert werden. Beim Typ-C-Format war andererseits der Bidirex-Betrieb zu sehen, der einen störungsfreien Übergang vom Standbild bis zur Normalgeschwindigkeit ohne Verwendung eines Bildspeichers erlaubt. Darüber hinaus steht dem Benutzer mit der "Variable Speed Shuttle Control" eine kontinuierliche Steuerung von schnellem Rücklauf bis zu schnellem Vorlauf zur Verfügung. Beide Formate haben also ihre Vorteile herausgestellt; wer schließlich bei dem Rennen als Sieger hervorgeht, blieb allerdings auch in Las Vegas offen.

3. 2-Zoll-Videoaufzeichnung

Trotz der schon zu hörenden Prophezeiung "Quad is dead" scheint sich dieser Typ von Videoaufzeichnungsmaschinen noch eines regen Verkaufs zu erfreuen. So verkauft AMPEX nach Auskunft eines Firmenrepräsentanten immer noch eine stattliche Anzahl von Quad-Maschinen, und von RCA war zu hören, daß sie mit 1977 das beste Verkaufsjahr für Quads hinter sich hätten und für 1978 das gute Verkaufsergebnis anzuhalten scheint. Und schließlich konnte IVC berichten, daß von ihrer 2-Zoll-Schrägspuraufzeichnungsmaschine IVC 9000 gegenwärtig immer noch eine Maschine pro Monat gekauft würde, allerdings vornehmlich von Produktionsfirmen und nicht von Fernsehanstalten. So blieben auch Weiterentwicklungen und Ergänzungen beim 2-Zoll-Format nicht aus.

Bei den insbesondere für den amerikanischen Markt interessanten Videokassetten-Abspielautomaten hat RCA seine TCR-100 jetzt mit wahlfreiem Zugriff ausgestattet, um damit noch Programmänderungen in letzter Minute durchführen zu können. Zu diesem Zweck wird mit einem



Bild 5
1-Zoll-Magnetband-Aufzeichnungsgerät
BVH-1000, Typ-C-Format, von SONY

Mikroprozessor eine "Cartridge Identification" vorgenommen. Sie besteht aus dem Erkennen eines Strichcodes, der in Form eines Klebestreifens an der Außenseite der Kassette angebracht wird. Die Kassetten lassen sich in beliebiger Reihenfolge eingeben. In einem Umlauf werden dann die "Labels" aller Kassetten gelesen und im Mikrocomputer-Speicher abgelegt. Aufgrund dieser dann vorhandenen Inhaltsliste kann jede gewünschte Reihenfolge per Eingabe vorgenommen werden.

Weitere Ergänzungen für den Quadruplex-Standard umfassen insbesondere Editierungseinrichtungen, die an anderer Stelle besprochen werden.

4. Fernsehkameras

Für Fernsehkameras scheint sich zunehmend eine Unterteilung ihres Einsatzes in drei Anwendungsbereiche einzuführen: 1. für "Electronic News Gathering" (ENG), 2. für "Electronic Field Production" (EFP) und 3. für Studiobetrieb. Gerade für die Anwendungsbereiche ENG/EFP bot die Ausstellung eine fast unübersehbare Fülle von Kameraausführungen. Aber auch für den Studiobetrieb wurden einige interessante Neuentwicklungen vorgestellt. Dabei bestehen zahlreiche sog. Systemkameras, die nicht nur einen Anwendungsbereich, sondern bereits durch ihren Aufbau für zwei (z. B. ENG/EFP) oder sogar für alle drei Anwendungsbereiche einsetzbar sind.

Wichtige Charakteristika der Kameras sind neben Anzahl und Art des verwendeten Röhrentyps – wobei hier insbesondere Bleioxidröhren und Saticon miteinander konkurrieren – der Einsatz von Automatiken, die Verwendung verschiedener Viewfinder und insbesondere für ENG/EFP der Aufbau als Monoblock- oder Zweiteile-Kamera, die mögliche Kabellänge (Multiwire/Triax) zwi-



Bild 6
Tragbares 1-Zoll-Magnetband-Aufzeichnungsgerät
BVH-500, Typ-C-Format, von SONY

schen Kamerakopf und Kontrolleinheit, das Gewicht und der Stromverbrauch, wie er für den Batteriebetrieb wesentlich ist. Die meisten Kameras bezeichnen sich heute als "self-contained", für ihren Betrieb sind also keine weiteren Zusatzgeräte erforderlich.

Um den Fackel- und Aufquelleffekten bei Überbelichtungen entgegenzuwirken, werden in zunehmendem Maße die Kameraröhren mit geänderten Strahlerzeugersystemen und die zugehörigen Schaltungen mit Strahlstromnachsteuerungen ausgerüstet, die bei den verschiedenen Firmen mit unterschiedlichen Schlagworten belegt werden: Anti-Comet-Tail (ACT) und Dynamic Beam Control von PHILIPS, Highlight Overload Protection (HOP) von MARCONI und Automatic Beam Optimization (ABO) von HITACHI. Darüber hinaus sind selbst bei ENG/EFP-Kameras Contour-Enhancement-Schaltungen, vertikale Aperturkorrektur mit zwei Zeilenverzögerungen, RGB-und codierter Ausgang, eingebauter Farbbalkengeber oder Farbtemperatur-Umstimmungsmöglichkeiten keine Seltenheit mehr.

4.1. Studiokameras

Als völlige Neuentwicklung für den Studiobereich stellte RCA die TK-47 vor. Die in der Normalausführung aus drei Einheiten (Kamerakopf mit drei 30-mm-Plumbicons, als "Black Box" ausgebildeter Prozessor und Fernbedienungseinheit) bestehende Kamera erlaubt durch Zusatz einer mikroprozessorbestückten Steuereinheit den vollautomatischen Abgleich von über 80 Einstellfunktionen (Farbdeckung, Störsignalkompensation, Pegel, Gamma, Fokus und Strahlausrichtung) durch Betätigen einer einzigen Drucktaste. Nach dem Abgleichvorgang kann diese Einheit von der justierten Kamera getrennt und

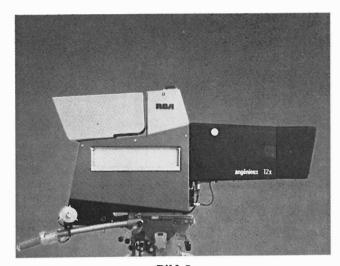


Bild 7 Vollautomatische Studiokamera TK-47 von RCA

zum Abgleich weiterer Kameras verwendet werden. Nach Art eines "elektronischen Notizbuchs" lassen sich aber die Einstellprozeduren auch schrittweise vornehmen. Als Hauptquelle bisheriger Instabilitäten hat man mechanische Potentiometer durch "elektronische" ersetzt, wobei die Einstellwerte digital verändert und gespeichert werden.

Unter der Bezeichnung Mark IX wartete auch MAR-CONI mit einer neuen Studiokamera auf. Im Gegensatz zum RCA-Konzept werden hier optionell automatische Abgleichvorgänge durch Austausch der entsprechenden "manuellen" Printkarten in der Kamerakontrolleinheit eingeführt, wobei der Abgleich mit Hilfe eines eingebauten Diaskops vorgenommen wird. Als Aufnahmeröhren kommen 30-mm-Bleioxid-Röhren zur Anwendung, wobei aber auch Röhren in HOP-Technik, mit erweitertem Rotbereich, mit Vorbelichtung oder mit erhöhter Auflösung eingesetzt werden können. Um unterschiedliches Nachziehen der Röhren zu verringern, werden die Bilder auf der Rot- und Blauröhre verkleinert abgebildet.

Mit der HK-312 hatte IKEGAMI erstmals eine Studiokamera mit mikrocomputergesteuertem automatischem Abgleich vorgestellt. Während diese Kamera für 30-mm-



Bild 8
ENG/EFP-Kamera LDK-14 von PHILIPS
(baugleich mit Kamera BCC-14 von AMPEX)

Aufnahmeröhren ausgelegt war, weist die nun erstmals gezeigte HK-357A 25-mm-Röhren auf. Insbesondere für Außenübertragungen läßt sich der Kamerakopf bei Triaxkabel bis zu 1500 m abgesetzt von der Basisstation betreiben; es ist aber auch ein autarker Betrieb des Kamerakopfes möglich. Mit der Auto-Setup-Einheit lassen sich bis zu 6 Kameras abgleichen, wobei das verwendete Diaskop hier in die Zoomlinse eingebaut ist.

In die Reihe der mikrocomputergesteuerten Kameras gehört schließlich die von TOSHIBA vorgestellte Studiokamera PK-31A. Ausgestattet mit drei 30-mm-Bleioxidröhren läßt sich hier der automatische Abgleich innerhalb von 30 s durchführen; die verschiedenen Einstellungen werden dabei per Tastendruck festgelegt. Zur Vermeidung von Überbelichtungseffekten ist die in allen drei Standards (NTSC, PAL, SECAM) angebotene Kamera mit einer "Automatic Beam Current Control" ausgestattet.

4.2. EFP/ENG-Kameras

Als Ergebnis ihrer vereinbarten Zusammenarbeit brachten AMPEX unter der Bezeichnung BCC-14 und PHILIPS unter der Bezeichnung LDK-14 die von PHI-LIPS konzipierte einteilige ENG/EFP-Kamera heraus. Neben zahlreichen Automatiken ist hier die Anzeige bestimmter Funktionen im Viewfinder erwähnenswert: Signalpegel, Farbbalken ein, noch zur Verfügung stehendes MAZ-Band, Stellung von Blende und Zoom sowie Batteriespannnung. Neben der automatischen Blendensteuerung erlaubt die Kamera eine "Set and hold"-Arbeitsweise über eine Spot-Belichtungsmessung: in ein Meßfenster innerhalb des Viewfinderbildes wird das zu messende Objekt gebracht und per Tastendruck die Blende auf dem gemessenen Wert festgehalten; nach Ende des Takes kann wieder auf Auto Iris zurückgeschaltet werden. Außer der "Dynamic Beam Control" für die 2/3-Zoll-Plumbicons besteht noch die Möglichkeit der Schwarzdehnung, um die Bilddetailwiedergabe im Schwarzen zu verbessern. Kamerakopf und Viewfinder wiegen 5,5 kg, für den Batteriegürtel sind 2,7 kg angegeben. Die Triax-Version erlaubt Kabellängen bis 1600 m.

Eine weitere Zusammenarbeit auf dem Kamerasektor stellte sich mit der MICROCAM Mark I von THOMSON-CSF und der BVP-300 von SONY vor, die mit 2/3-Zoll-Plumbicons oder -Saticons angeboten wird. Die im Gegensatz zur zweiteiligen MICROCAM Mark II als Monoblock-Kamera ausgeführte Mark I ist neben geringem Gewicht (5,6 kg ohne Linse) insbesondere auf geringen Stromverbrauch ausgelegt; mit einer Ni-Cd-Batterie ist ein Betrieb von zwei Stunden möglich. Zahlreiche Automatiken sollen auch hier den Kameramann entlasten; darüber hinaus geben Anzeigen im Viewfinder schnellen Aufschluß über wichtige Betriebsfunktionen. Über Tasten am Kamerakopf läßt sich außerdem die Start/Stop-Steuerung der Aufzeichnungsmaschine vornehmen. In praktisch gleicher äußerer Aufmachung wie die BVP-300 bot SONY die gegenüber Montreux überarbeitete Zweiröhren-ENG-Kamera BVP-200 mit 18-mm-Saticon für den Leuchtdichtekanal und 25-mm-MF-Trinicon für die Farbsignalerzeugung an.

Für den Anwendungsbereich ENG/EFP zeigte IKE-GAMI zwei Neuvorstellungen. Die einteilige ENG-Kamera HL-79 wurde "als der Welt erste Kamera mit eingebauter Batterie" vorgestellt, um damit dem Kameramann noch größere Beweglichkeit zu verschaffen. Gegenüber dem älteren Modell HL-77A konnte die mit 2/3-Zoll-Plumbicons oder -Saticons ausgestattete Kamera kleiner und leichter (6,5 kg gegenüber 7,4 kg) und mit verringertem Stromverbrauch (2,5 A gegenüber 3,3 A bei 12 V) und damit verlängertem Batteriebetrieb ausgelegt werden. Die erhöhte Nachverstärkung (bis + 18 dB) erlaubt bei Blende 1,4 noch Aufnahmen bei 30 Lux. Auf



ENG-Kamera HL-79 von IKEGAMI mit eingebauter Batterie

Wunsch kann die Kamera mit "Automatic Beam Control" gegen Überbelichtungseffekte ausgestattet werden. Als Zweiteilekamera ist dagegen die ebenfalls mit 2/3-Zoll-Röhren (Plumbicons oder Saticons) bestückte Kamera HL-52 ausgelegt, wobei Kamerakontrolle und Batterieeinheit entweder als Backpack vom Kameramann mitgetragen oder im Ü-Wagen belassen werden; im abgesetzten Betrieb sind dabei Entfernungen bis 200 m überbrückbar. Durch das geringe Gewicht des Kamerakopfes (3,8 kg ohne Linse) und durch das dünne 12,5-mm-Kamerakabel (27 kg/100 m) ist größte Beweglichkeit gegeben.

Mit nicht weniger als neun verschiedenen Kameratypen wartete der Hersteller der Saticon-Röhre, HITACHI, auf. Dementsprechend sind nahezu alle vorgestellten Kameras mit 2/3-Zoll-Saticons ausgestattet. Neben den Kameras mit dichroitischen Spiegelteilern FP-1011 (Studio) und FP-1020 (ENG/EFP) werden mit den Typen SK-90 und SK-96 zwei elektrisch nahezu gleich ausgestattete Kameras mit Prismenteiler angeboten, wobei erstere als tragbare ENG/EFP-Kamera ohne "Backpack" konzipiert ist und letztere sich durch Wechsel des Gehäuses von einer Reportagekamera in eine Studiokamera umrüsten läßt. Beide Kameras verfügen über eine Strahlstrom-Nachsteuerschaltung (ABO). Neben den mit dem Tri-electrode-Vidicon ausgerüsteten Einröhrenkameras FP-3030G (tragbar) und FP-3040 (Stativ) wurde mit der FP-3060 erstmals eine tragbare Einröhrenkamera mit dem neu entwickelten Tri-electrode-Saticon HS 300 vorgestellt. Unterstützt durch die eingebaute Vorbelichtung konnte das Nachziehen gegenüber der Tri-electrode-Vidicon-Ausführung merkbar herabgesetzt werden. Im Vergleich zu 3-Röhren-ENG-Kameras sind jedoch verminderte Auflösung und Perlstrukturen an Farbübergängen noch deutlich auszumachen.

Eine neue Kamerareihe mit 1-Zoll-Aufnahmeröhren und zwei Viewfindergrößen stellte TOSHIBA vor. Während die Kameras PK-36/SK-36 für Studio- und EFP-Anwendungen gedacht sind, wobei letztere mit extrem hoher Empfindlichkeit ausgelegt ist, um bei 10 Lux noch brauchbare Bilder zu erzeugen, ist die PK-36A als besonders leichte ENG-Kamera konzipiert, die mit 10:1-Zoomlinse und Viewfinder nur 7,5 kg wiegt. Die mit drei 2/3-Zoll-Bleioxidröhren ausgestattete tragbare Kamera PK-39 läßt sich zusammengesetzt als Einteilekamera oder mit abgetrennter Kontrolleinheit als Zweiteilekamera verwenden. Automatiken und LED-Anzeigen für Batterie, Tally und MAZ-Bandbewegung sollen die ENG-Arbeit erleichtern.

Mit der Mark IX portable wartete auch MARCONI mit einer EFP-Kamera auf. Bis auf die verwendete Röhrengröße (25 mm statt 30 mm) und auf das Fehlen eines Diaskops stimmt diese Kamera in ihren elektrischen Eigenschaften weitgehend mit der Standardausführung überein, was durch eine Split-Screen-Demonstration während der Ausstellung eindrucksvoll gezeigt werden konnte.

Zu erwähnen blieben schließlich noch die mit parallelliegenden Röhren und Spiegelteiler aufgebaute Kamera CY-8800U von IVC und die von NEC gefertigte und mit der KCA-90 von BOSCH-Fernseh baugleiche MNC-71CP von CINEMA PRODUCTS.

5. Film- und Dia-Abtastung

Trotz ENG hat der Einsatz von Film auch im amerikanischen Fernsehen seine Bedeutung noch nicht verloren. So war die z. Z. der NAB laufende NBC-Fernsehserie "Holocaust" auf Film festgehalten. Die Ausstellung zeigte ein vielfältiges Angebot an Film- und Dia-Abtastern, wobei sich allerdings die Hersteller auf Verbesserungen und Ergänzungen ihrer bisher bereits angebotenen Geräte beschränkten.

Mit zusätzlichen Optionen bietet RANK-CINTEL ihren erstmals 1975 in Montreux gezeigten Lichtpunktabtaster Mark III an. Die insbesondere beim 525/60-Standard mit dem verwendeten "Jump-Scan"-Prinzip auftretenden Probleme wie Helligkeitsflackern, Zwischenzeilenflimmern und die Notwendigkeit äußerst sorgfältiger Justierung beim Röhrenwechsel werden durch Anwendung von "Digiscan", einem digitalen Bildspeichersystem, praktisch eliminiert. Durch die Zwischenspeicherung werden auch Störungen beim Übergang vom Standbild zur Normalbewegung vermieden. Integraler Bestandteil von Digiscan ist Digivac, eine digitale vertikale Aperturkorrektur, mit der eine zweidimensionale Bilddetailverbesserung ohne merkliche Störabstandsverschlechterung eingeführt werden kann. Der Bildspeicher wird in zwei Versionen angeboten: Digiscan I als Einzelstandardversion für die 525/ 60-Norm mit einer Filmgeschwindigkeit von 24 Bildern/s und Digiscan II als Multistandardversion mit 162/3 und 25 Bildern/s bei der 625/50-Norm und mit 18, 24 und 30 Bildern/s bei der 525/60-Norm.

Als Weiterentwicklung der lochstreifengesteuerten Farbkorrektureinheit "Autocolorgrade" wird jetzt von RANK-CINTEL eine erweiterte Vorprogrammiermöglichkeit mit einem Mikrocomputer angeboten. Neben Daten über den Filmtransport können Werte über Farbbalance, Verstärkung, Gamma, Abhebung, Maskierung, Detailverbesserung usw. zunächst in einem Halbleiterspeicher festgehalten und nach beendeter Programmierung auf eine Mini-Floppy-Disc übertragen werden, um sie damit für die Wiedergabe verfügbar zu haben.

Schließlich wurde noch die Umrüstmöglichkeit des Mark-III-Abtasters auf Super-8 angeboten, wobei die Bildrate 25 Bilder/s oder mit Digiscan auch 16 2/3 Bilder/s betragen kann.

Beim Kamera-Abtaster Modell 1550 von THOMSON-CSF wurden die bestehenden Korrekturmöglichkeiten auf eine automatische Gamma-Korrektur erweitert. Der normalerweise mit "Separated-Mesh"-Vidicons vom Typ 8541 A ausgerüstete Abtaster läßt sich auf Wunsch auch mit Plumbicons bestücken.

Die B-Version des für NTSC und PAL angebotenen Speicherröhren-Abtasters TK 28 von RCA läßt folgende drei Röhrentypen zu: 1-Zoll-Vidicons, 25-mm-Saticons oder 25-mm-Plumbicons. Durch einen nicht telezentrischen Strahlengang konnten Shadingeffekte und Einflüsse optischer Fehljustage der Projektoren gering gehalten werden. Bei beengten Platzverhältnissen läßt sich der Kamerateil in den optischen Multiplexer TP-55B einbauen und steht dann als kompakte Einheit für die verschiedenen Dia- und Filmformat-Projektoren zur Verfügung.

Mit dem LDK-65 von PYE präsentierte PHILIPS einen Kamera-Abtaster, der auf der LDK-5-Familie basiert und ebenfalls wahlweise mit Plumbicons oder Vidicons zu bestücken ist. Außer Automatiken für Schwarzwert und Weißwert sowie eingebauter Streulichtkorrektur sind als Option Automatiken für Schwarzbalance, Weißbalance und Gamma zuzurüsten. Über den optischen Multiplexer lassen sich bis zu vier Projektorquellen anschließen.

Der Vollständigkeit halber seien noch der Kamera-Abtaster TKC-950B von IKEGAMI erwähnt, der mit 1-Zoll-Vidicons bestückt ist und zahlreiche Automatiken aufweist, ferner der Kamera-Abtaster TCF-3000 von TELEMATION, wahlweise mit Vidicons, Bleioxidröhren oder Saticons auszurüsten und durch einen bereits eingebauten Diplexer ohne externen Multiplexer für zwei Projektorquellen verwendbar, sowie der mit dem THOM-SON-CSF 1550 baugleiche Abtaster 1550 von COHU.

6. Bildwiedergabe

Die schon in Montreux '77 erkennbare Tendenz, für die zahlreichen Kontroll- und Überwachungsaufgaben Farbmonitore mit High-Resolution-Bildröhren zu verwenden, hat sich auf der NAB fortgesetzt. Allerdings waren zahlreiche Neuvorstellungen in Las Vegas bereits als Prototypen in Montreux zu sehen, so der Bridge Monitor CTVM 2/35 von BARCO, der 13-Zoll-Monitor aus der Serie 5700 von CONRAC und der 14-Zoll-Gestellmonitor TM 14-2RH von IKEGAMI. Auch der mit Inline-Röhre bestückte MC 37-BA von BOSCH-Fernseh wurde bereits dort gezeigt. Neu in die Reihe der Kontrollempfänger mit höher auflösenden Bildröhren gehört der Farbmonitor TM 20-8RH von IKEGAMI mit 20-Zoll-High-Resolution-Bildröhre sowie der Color Picture Monitor 650 HR von TEKTRONIX mit hochauflösender Trinitronröhre, wobei diese Bildröhre über 50 % mehr Phosphorstreifen gegenüber der Normalröhre aufweist.

Von SONY wurde der batteriebetriebene Farbmonitor PVM 8000 mit 22-cm-Trinitron vorgestellt, der aus dem Farbportable KV-5000 des Konsumerbereichs entstanden ist. Von der gleichen Firma war der Farbmonitor PVM 2750 mit 27-Zoll-Trinitron zu sehen. Mit der Serie 6100 zeigte CONRAC Farbmonitore mit 19-Zoll-Bildröhre, die in NTSC-Version auch mit einem "Comb Filter Chroma Separator" der Firma YVES FAROUDJA geliefert werden. Schließlich soll noch auf den Nyquist High Precision Demodulator VSD 3 von BARCO hingewiesen werden, der ein auswechselbares quarzgesteuertes Eingangsteil für jeden VHF- und UHF-Kanal und Umschaltmöglichkeit zwischen Synchron- und Hüllkurvendemodulation besitzt.

Zur Unterstützung ihrer Demonstrationen bedienten sich zahlreiche Aussteller der Großbildprojektionssysteme. So verwendete BOSCH-Fernseh den in den USA von CONRAC vertriebenen Multi-Standard Color Eidophor GRETAG 5170; unter der Bezeichnung 5171 ist dieser Großbildprojektor in einer High-Intensivity-Version erhältlich, wobei dann die Leuchtdichte bei Weiß in der Mitte einer 8 m x 6 m großen Projektionswand von 38 auf 74 cd/m² erhöht ist. Auch RCA bediente sich eines Farbfernsehprojektionssystems (von WORLDSTAGE); außerdem war der Farbfernsehprojektor VPP-2000 von SONY zu sehen.

7. Schrift- und Grafik-Generatoren

Als Neuvorstellung bei den zahlreichen elektronischen Zeichengeneratoren präsentierte sich praktisch nur der als Ablösung für den CHYRON II gedachte CHYRON IV von AMPEX. Durch die ungewöhnlich hohe Horizontalauflösung von 27 ns (bei CHYRON III B: 65 ns) ergibt sich eine sehr gute Detailwiedergabe mit scharfen Kanten

und sauberen Rundungen. 64 Farben für Zeichen und Hintergrund sind anwählbar, wobei die Farbe von Zeichen zu Zeichen bzw. im Hintergrund alle 4 Zeilen unabhängig von der Zeichenhöhe geändert werden kann. Von den 92 verfügbaren Schriftarten (Fonts) lassen sich 6 abspeichern; dabei lassen sich individuelle Schrittweite bis zum Überlappen der Zeichen ebenso wie die Kursivwiedergabe aller Schriftarten erreichen. Roll- und Crawl-Geschwindigkeiten sind in weiten Grenzen veränderbar, wobei auch die Fenstergröße im Roll-Mode geändert werden kann. Über den "Program Sequence Controller" (PSC) lassen sich Animationseffekte für Zeichen und Grafiken vornehmen, die sich auch im zusätzlichen VIDI-DISC-System zur Speichererweiterung ablegen lassen. Als Option ist schließlich der Ausbau zum vollständigen Zweikanalsystem möglich. Fast überflüssig zu erwähnen, daß zu einem so komfortablen Generator auch ein Font-Compose-System erhältlich ist, das jede beliebige Schriftart nach Abtastung mit einer Videokamera im Speicher abzulegen gestattet.

Der von THOMSON-CSF unter dem Namen Vidifont Mark IV angebotene Schriftgenerator mit einer Horizontalauflösung von 45 ns bekam unter der neuen Bezeichnung Mark IV A einige zusätzliche Features wie Wahl der Hintergrundfarbe für ganze Zeile, Zeilenabschnitte oder ganze Seite, freies Positionieren eines Farbfensters sowie berandete oder schwarze Zeichen in hellem Umfeld. Außerdem ist für Vorschauzwecke ein zweiter vollständiger Kanal zuzuordnen.

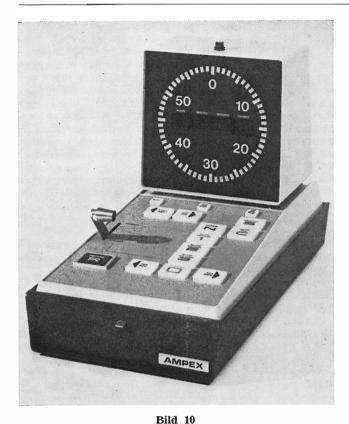
Praktisch unverändert boten TELEMATION ihr softwareorientiertes Grafik-System Compositor I und SY-STEM CONCEPTS ihren Schriftgenerator Quantafont IV an. Und schließlich wurde auf Computer-Animation-Systeme von CENTRAL DYNAMICS mit ihrem elektronischen Pinsel "Videocel" und von der COMPUTER IMAGE CORPORATION mit ihren Systemen "Scanimate" (Analogrechner) und "Caesar" (Hybridrechner) hingewiesen.

8. Digitale Video-Techniken

Die Anwendung digitaler Techniken auf das Fernsehsignal hat sich in Form der Timebase-Correctoren, Framestore-Synchronizer und Standardkonverter schon weitgehend etabliert. Zu diesen Möglichkeiten der zeitlichen Einflußnahme kommen in letzter Zeit in immer stärkerem Maße zusätzliche Funktionen zur Verbesserung der Bildqualität wie Rauschverminderung und Bilddetailverbesserung. Die leichte Manipulierbarkeit digitalisierter Fernsehsignale hat aber auch unter Verwendung von Bildspeichern zur Nachbildung "optischer" Trickeffekte in der Bildmischtechnik geführt. Für alle diese Aufgaben steht eine immer größer werdende Palette von Geräten zur Verfügung, die in der Regel fast immer mehrere dieser möglichen Signalbeeinflussungen vorzunehmen gestattet.

8.1. Zeitfehlerausgleicher

Als Nachfolgegerät des Zeitfehlerausgleichers TBC-1 stellte AMPEX das Modell TBC-2 vor, das sich durch großen Korrekturbereich (10 H) auszeichnet, durch universelle Interfaces sich für alle nichtsegmentierten Schrägspurmaschinen verwenden läßt und dabei die Besonderheiten der eigenen VPR-Serie voll berücksichtigt. So lassen sich im Zusammenspiel mit VPR-1 und VPR-2 kontinuierlicher Slow-Motion- und Shuttle-Betrieb vornehmen; eine Farbbildwiedergabe ist bis zur 10fachen Normalgeschwindigkeit in beiden Richtungen möglich. Zusammen mit dem Zeitlupensteuergerät SMC 60 wurden damit Zeitlupen-Abspielmöglichkeiten für Programme bis zu 90 min geschaffen. Die VPR-2 zusammen mit dem TBC-2 ist somit in der Lage, das gleiche wie die Zeitlupenmaschine HS-100 zu leisten. Die "dynamische Korrektur", die bei starken Zeitschwankungen Mittelwert-



Zeitlupen-Steuergerät SMC 60 von AMPEX für Magnetband-Aufzeichnungsgeräte der VPR-Serie

bildung, unter normalen Verhältnissen dagegen Korrektur von Zeile zu Zeile vornimmt, wurde vom Vorgängermodell übernommen; darüber hinaus können auch erhebliche gyroskopische Fehler ausgeglichen werden. Als Option ist schließlich eine Dropout-Kompensation erhältlich.

Auf die Belange des Typ-C-Formats und der H-Serie von U-matic ist der Zeitfehlerausgleicher BVT-2000 P von SONY abgestellt, der bei einem Korrekturbereich von 20 H Standbildwiedergabe und Bidirex-Betrieb, d. h. von Zeitlupe vorwärts und rückwärts bis zur 10-fachen Normalgeschwindigkeit Farbbildwiedergabe bzw. bis zur 40fachen Normalgeschwindigkeit Schwarzweißbildwiedergabe ermöglicht. Auch hier sind Geschwindigkeitsfehler- und Dropout-Kompensation erhältlich.

Als 3. Generator eines Zeitfehlerausgleichers stellte DIGITAL VIDEO SYSTEMS seine Systemfamilie DPS-1 vor. Unter Verwendung einer Mikroprozessorsteuerung läßt sich das Grundgerät durch entsprechende Platinenbestückung als Zeitfehlerausgleicher mit wahlweise 16-, 32-, 262 1/2- oder 525-zeiligem Korrekturfenster einschließlich zusätzlicher Signalkorrekturmöglichkeiten, als Synchronizer mit Halbbild- oder Vollbildspeicherung oder als Signalprozessor zur Durchführung "optischer" Trickeffekte wie Bildkompression, Bildlageänderung, Bildinversion oder Spiegeleffekte, aber auch zur digitalen Trennung von Luminanz und Chrominanz auslegen. Ein eingebauter digitaler Testbildgenerator ist hierbei für Überwachungszwecke vorgesehen.

An dieser Stelle sollen die unter Verwendung von CCD-Analogspeichern vorgestellten analogen Zeitfehlerausgleicher von MICROTIME 1600 CCD (Korrekturfenster \pm 2 H) und EDUTRON CCD-1 H (Korrekturfenster 1 H) nicht unerwähnt bleiben, wobei letzteres Gerät bei einem Preis von $\$ 2.999.— insbesondere für den semiprofessionellen Bereich angeboten wird.

8.2. Rauschverminderen

An Maßnahmen zur Bildverbesserung läßt sich mit digitalen Mitteln insbesondere die Rauschverminderung des Fernsehsignals recht wirkungsvoll durchführen. Der bereits bei der letztjährigen NAB als Prototyp vorgestellte "Digital Noise Reducer" Modell 9000 von THOMSON-CSF geht auf Entwicklungsarbeiten der Forschungslaboratorien von CBS zurück. Die mit diesem Gerät durch nichtlineare Signalbeeinflussung und verschiedene Arten von Mittelwertbildung erreichbare Störabstandsverbesserung von bis zu 15 dB läßt insbesondere das tieffrequente Farbrauschen von 3/4-Zoll-Bandaufzeichnungen deutlich zurückgehen. Aber auch bei Aufnahmen unter ungünstigen Lichtbedingungen, bei Satellitenübertragungen oder zur Herabsetzung des Filmkorns läßt sich der Rauschverminderer wirkungsvoll einsetzen. Verwendete Techniken sind neben dem Bildspeicher als adaptives Rekursivfilter, Bewegungsdetektor, Kammfilter und nichtlineare Schaltungen.

Unter dem Namen "Digital Noise Filter" bietet TELE-MATION seinen Rauschverminderer TDF-1 an. Die Speicherkapazität von 3,2 Mbit ist hierbei aus Kostengründen in Form von digitalen CCD-Bausteinen realisiert. In PROMs sind vier unterschiedliche Bewertungsformeln festgehalten, die über Tasten von der Frontseite anwählbar sind. Ein eingebautes Diagnosesystem erleichtert die Überwachung. Zum Spätherbst dieses Jahres soll auch die PAL-Version des TDF-1 verfügbar sein.

Digitale Rauschverminderer wurden darüber hinaus auch von CONSOLIDATED VIDEO SYSTEMS (Image Enhancer/Noise Reducer CCS 310), von NEC (TNR-15 A als selbständiges Gerät, TNR-15 D als Zusatz zum Frame Synchronizer FS-15) und von QUANTEL (Automatic Digital Image Corrector DIC 350) angeboten.

8.3. Frame-Synchronizer, Bildspeicher für "optische" Trickeffekte

Auch der "Digital Video Synchronizer" Typ TFS-121 von RCA geht über seine eigentliche Anwendung als Frame-Synchronizer hinaus. Neben der taktmäßigen Anpassung nichtsynchroner Signalquellen erlaubt das Gerät das "Einfrieren" von Bildern, wobei dieser Vorgang in einstellbaren Zeitabständen periodisch wiederholt werden kann, um stroboskop-ähnliche Animationseffekte zu erreichen, die Bildkompression bis zu einem Viertel der normalen Bildgröße, die Lageverschiebung des Bildes und Spiegeleffekte durch die Signalrückführung über einen Bildmischer. Ähnliche "optische" Trickeffekte bietet der von BOSCH-Fernseh für Zeitlupenwiedergabe und Suchlauf beim segmentierten BCN-Format entwikkelte Bildspeicher in modifizierter Form als Bildmischer-Zusatz.

8.4. Standbildspeicher, Zeitlupengeräte

Der von AMPEX in Zusammenarbeit mit CBS unter Verwendung von Computer-Hardware entwickelte digitale Standbildspeicher ESS-1 hat im Modell ESS-2 bebereits eine Weiterentwicklung erfahren. Durch die auf bis zu drei Plattenstapeln erweiterbare Speicherkapazität lassen sich über 2400 Einzelbilder oder kontinuierliche Vorgänge bis 81 s aufzeichnen und wiedergeben, wobei auch programmierbare Sequenzen aus Echtzeit-, Zeitlupen- oder Standbild-Folgen möglich sind. Die ungünstigste Zugriffszeit liegt dabei unter 100 ms.

Auch die ADDA CORPORATION bietet unter der Bezeichnung "Electronic Still Processor" einen digitalen Standbildspeicher an, der in der kleinsten Ausführung (ESP-100) 200 Einzelbilder, in der Maximalausstattung (ESP-750/2) 3000 Einzelbilder abzuspeichern gestattet. Auch hier lassen sich Sequenzen bis zu 800 Einzelbildern programmieren.

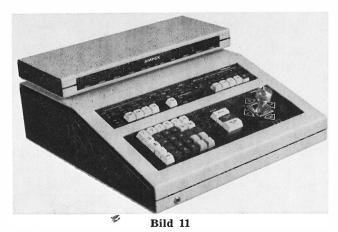
In diesem Zusammenhang seien noch die Zeitlupenund Standbildgeräte von ARVIN/ECHO und OKTEL

CORPORATION erwähnt. Für 400 Einzelbilder ist die "Image Slide Station" SS-2 von ARVIN/ECHO konzipiert, die zwei analoge Video Discassette Recorder/Reproducer EFS-1A, einen Zeitfehlerausgleicher und geeignete Bedienmöglichkeiten enthält. Ebenfalls auf der Discassette basiert das Zeitlupengerät SLO/MO der gleichen Firma, das eine Speicherkapazität von 20 s aufweist und zu einem Preis unter \$ 50.000.- angeboten wird. Von der kleinen kalifornischen Firma OKTEL CORPORA-TION, die für Auswertegeräte von Raumflugbildern bei der NASA unter Vertrag steht, kommen das Zeitlupengerät BDR-400 für eine Aufzeichnungszeit von 30 s und der Standbildspeicher BDR-300 mit einer Speicherkapazität von 1200 Einzelbildern, die beide mit eingebauten CCD-Zeitfehlerausgleichern ausgestattet und auch in PAL-Version erhältlich sind und zu einem Preis von \$ 36.000.- angeboten werden.

9. Bildmischer

Mit den Manipulationsmöglichkeiten des Fernsehsignals in der digitalen Ebene bekam der konventionelle Bildmischer durch Zusätze zur Digitalisierung und Bildspeicherung eine neue Dimension: die Bildbeeinflussung durch Kombination, Kompression, Lageverschiebung, Rotation, Zoom- und Spiegeleffekte wurde damit auf elektronischem Wege möglich. Praktisch alle großen Hersteller von Bildmischeinrichtungen bieten heute solche Erweiterungen für die Nachbildung "optischer" Trickeffekte in ihrem Programm an, Anzahl und Komplexität dieser neuen Möglichkeiten wurden allerdings so groß, daß es immer schwieriger wird, diese Effekte im normalen Betrieb einzusetzen. Um diese Schwierigkeiten zu überwinden, hatte GRASS VALLEY bereits in Montreux unter dem Namen E-MEM (Effects Memory) eine auf Mikroprozessorbasis arbeitende Abspeichermöglichkeit vorgestellt, die alle notwendigen Einstellungen für den Trickund Mischvorgang einschließlich einer Vorwahl der Signalquellen festhält. Der gespeicherte Mischvorgang kann dann per Tastendruck abgerufen werden. Als Erweiterung wurde nun auf der NAB die Abspeicherung auf kreditkartengroßen Magnetkarten vorgestellt. Mit diesem System sind die meisten Mischpulte der 1600-Serie von GRASS VALLEY ohne Modifikation nachrüstbar. Ein ähnliches System wurde von VITAL SYSTEMS unter dem Namen "Production Switcher Automation System" (PSAS) in einer eindrucksvollen Demonstration verschiedener Tricküberblendungen gezeigt.

An dieser Stelle sollte noch erwähnt werden, daß AMPEX mit dem Ziel, vollständige Videosysteme anzu-



Schnittsteuergerät HPE-1 von AMPEX für Magnetband-Aufzeichnungsgeräte der VPR-Serie

bieten, die Firma DUCA-RICHARDSON als Hersteller von Bildmischeinrichtungen übernommen hat.

10. Elektronische Schneidetechnik

Ein äußerst vielfältiges Angebot bestand auf der Ausstellung an Video-Schneidesystemen, angefangen von einfachen Schneidehilfen für ENG-Anwendungen bis hin zu komfortablen, auf Computerbasis arbeitenden Editierungsgeräten.

AMPEX stellte drei Schneidesysteme vor. Das bereits in Montreux und London gezeigte System EDM-1, das bis zu 3200 Schnittstellen festhalten kann und über ein eingebautes, auch für komplizierte Überblendvorgänge geeignetes Trickmischpult verfügt, war auf der NAB in Verbindung mit den Maschinen AVR-3 und VPR-1 zu sehen. Das zweite vorgestellte System mit der Bezeichnung ES-2 ist aus dem Edit-Controller der "AVR-3" hervorgegangen und praktisch als Nachfolger des "RA-4000" vorgesehen. Das System gestattet, vier Maschinen unabhängig voneinander zu programmieren; jede dieser Maschinen kann eine weitere Tochter mitziehen. Unter der Bezeichnung RES-1 ist der Steuerteil auch als abgesetzte Einheit erhältlich, die gegebenenfalls mit einem Farbmonitor als Sichtgerät ausgestattet werden kann. Speziell für die Belange der VPR-Maschinen wurde das Schnittsteuersystem HPE-1 entwickelt, das die Steuerung von vier Maschinen erlaubt. Das mikroprozessorgesteuerte System ist modular aufgebaut und durch diverse Zusatzeinrichtungen den verschiedenen Gegebenheiten anzupassen. Auch eine Interface-Einheit für U-matic-Maschinen ist für dieses System in der Entwicklung. Herzstück des Bedienpults ist ein Mehrfunktionssteuerhebel, von dem sowohl die Bewegungsfunktionen als auch die Auswahl der angeschlossenen Aufzeichnungsmaschinen vorgenommen wird.

Mit den Systemen EDM-1 von AMPEX und 340X von CMX SYSTEMS vergleichbar ist das von RCA vorgestellte Schneidesystem AE-6000, das als Add-on-Einrichtung zu dem bestehenden Zeitcode-Editingsystem AE-600 und den Aufzeichnungsmaschinen TR-600 gedacht ist. Das bis zu acht mit AE-600-Einheiten ausgerüstete TR-600-Maschinen steuernde System erlaubt die Speicherung, Änderung, Vorschau und Ausführung von Schnittfestlegungen, wobei die Daten von 1000 Schnittstellen in einer Floppy-Disc festgehalten werden. Die Steuerung der Mischfunktionen wird dabei von der Mikroprozessoreinheit E-MEM von GRASS VALLEY vorgenommen, die auch den "Auto Learn Mode" einschließt. Für die Anzeige auf dem Bildschirm werden zwei Darstellungsmöglichkeiten angeboten: die übliche Editierungsliste oder eine grafische Darstellung in Symbolsprache, die auch den zeitlichen Fortgang der Editierung leicht erkennen läßt.

Neben dem Schneidesystem 340X mit dezentralen intelligenten Interfaces wurde von CMX SYSTEMS in Zusammenarbeit mit VIDTRONICS unter dem Namen "VIDEOLA" ein Off-Line-Edit-Logging-System in Verbindung mit SONY U-matic-Recordern und dem Edit-Controller ECS-1B von CONVERGENCE vorgeführt. Dieses System sammelt alle Schnittdaten des Edit-Controllers – wobei eine Anpassung an praktisch alle auf dem Markt verfügbaren Edit-Controller möglich ist – und überträgt sie in eine mit CMX kompatible Schnittstellenliste. Bis zu 1600 Schnittdaten lassen sich auf der zugehörigen Floppy-Disc festhalten. Zur Erstellung des Sendebandes werden dann die Wiedergabemaschinen von der Platte gesteuert. Als Preis wurden \$ 10.000.– angegeben.

Zu erwähnen wäre schließlich noch die Vielzahl der angebotenen Zeitcode-Generatoren und -Lesegeräte, teilweise auch in kleiner, tragbarer Ausführung (z. B. bei CMX SYSTEMS).

11. Fernsehmeßtechnik

Mit einem echten Highlight konnte die Fernsehmeßtechnik auf der NAB aufwarten. TEKTRONIX stellte das bereits seit 1972 unter dem Akronym "ANSWER" als Vorschlag existierende automatische Meßsystem zur Erfassung der Qualitätsparameter einer Fernsehübertragung mit Hilfe von Prüfzeilensignalen und anderer Testsignale in vollständig digitalisierter Form vor. Um vor allem die notwendigen Auswertealgorithmen für das digital aufbereitete Signal möglichst einfach zu halten, entschloß man sich auch hier zu einer Abtastung mit 4facher Farbträgerfrequenz. Zu diesem Zweck wurde ein eigener A/D-Wandler für 20 MHz mit 8 Bit und linearer Codierung hoher Genauigkeit entwickelt. Für die Signalauswertung steht ein 32-Zeilenspeicher mit 8 Bit vertikaler und 1024 Bit horizontaler Auflösung zur Verfügung. Werden alle 32 Zeilen für das gleiche Prüfzeilensignal verwendet, so kann durch die damit verbundene Mittelung ein Störabstandsgewinn von 15 dB erreicht werden. Ansonsten stehen den 4 Prüfzeilensignalen je 8 Zeilenspeicher zur Verfügung. Die Auswertung der gespeicherten Signale erfolgt mittels eines 16-Bit-Mikroprozessors, dessen Befehlsabfolge in PROMs festgehalten ist. Bei Änderung der Auswerterichtlinien sind allein diese PROMs zu ändern. ANSWER beschränkt sich nicht nur auf Prüfzeilensignale, sondern erlaubt auch zeilenfrequente Prüfsignale oder mögliche Meßsignale für hybride analog/digitale Übertragungseinrichtungen auszuwerten. Die Ergebnisse einschließlich eventueller Toleranzüberschreitungen lassen sich entweder auf einem Sichtgerät ablesen oder per Hard-Copy-Unit ausdrucken, wobei auch das Festhalten des analogen Signalverlaufs möglich ist.

Ansonsten wurde von MARCONI der bereits bekannte Meßautomat TF 2914 A für Prüfzeilensignale mit verschiedenen peripheren Einrichtungen demonstriert.

12. Sonstige Neuheiten

Gerade im Zeichen von ENG versucht der Film, mit den Fortschritten der Elektronik mitzuhalten. Um die Fernsehanstalten in die Lage zu versetzen, den Redaktionsschluß für aktuelle Beiträge noch näher an die Sendezeiten der Nachrichten heranzurücken, hatte KODAK

auf der NAB Weltpremiere mit seinem "Rapid Video News Process" (RVNP), der die Naßzeit von 14 min 15 s des bisherigen VNF-1-Prozesses auf 7 min 42 s herabsetzt. Ermöglicht wird diese verkürzte Verarbeitungszeit durch Erhöhung der Verarbeitungstemperatur, Ausnutzung der Sicherheitsfaktoren und Anwendung von Persulfat-Beschleuniger und -Bleichbad. Die damit erreichte Erhöhung der Maschinengeschwindigkeit um 58 % läßt sich auf alle EASTMAN EKTACHROME Video-News-Aufnahmefilme (7239, 7240 und 7250) und den zugehörigen EASTMAN EKTACHROME VN-Printfilm (7399) anwenden. Inwieweit dieser neue Verarbeitungsprozeß im praktischen Einsatz den Qualitätsanforderungen europäischer Fernsehanstalten in Gradation, Störabstand, Modulationstiefe wie auch Prozeßstabilität entspricht, kann erst nach Abschluß der über mehrere Monate vorgesehenen Testphase beantwortet werden.

Für Telekonferenzen, medizinische Anwendungen, Verkehrsüberwachung oder ähnliche Aufgaben ist das "Telephone Video System" (TVS) von NEC gedacht, das auch hier mit Vorteil digitale Techniken zur Datenwandlung heranzieht, um Fernseheinzelbilder über Telefonoder Datenleitungen zu übertragen. Unter Vermeidung unüblicher Langsamabtastung können standardmäßige Fernseh-Signalquellen und -Monitore zum Erzeugen und Wiedergeben der TVS-Signale verwendet werden. Das als Transceiver (Transmitter + Receiver) konzipierte Gerät digitalisiert jeweils ein Fernsehbild, legt die Daten in einem Halbleiterspeicher ab und gibt sie je nach verfügbarer Übertragungsstrecke mit unterschiedlichen Bitraten ab; bei Empfang und Wiedergabe erfolgt genau der inverse Prozeß. Bei 2400 Bit/s (Telefonleitung) benötigt die Übertragung eines Farbbildes 300 s.

Schließlich soll noch eine Neuvorstellung im Tonbereich angesprochen werden. MATSUSHITA ELECTRIC stellte seine neue PCM-Bandmaschine für digitale Tonaufzeichnungen vor. Besonderheit ist hier ein feststehender Tonkopf in Dünnfilmtechnik für 60 parallele Spuren, wobei zur Aufzeichnung ein 1/4-Zoll-Tonband verwendet wird. Bei der verwendeten logarithmischen 12-Bit-Codierung wird ein Dynamikumfang von 85 dB erreicht, der einer linearen 15-Bit-Codierung entspricht. Letztlich macht gerade hier der Ton die Musik!

Gerhard Möll Institut für Rundfunktechnik, München

ELEKTRONISCHE TEXTKOMMUNIKATION TECHNIK — ANWENDUNGEN — WIRTSCHAFTLICHE ASPEKTE

BERICHT ÜBER DAS SYMPOSIUM DES "MÜNCHNER KREISES"

MÜNCHEN, 12. BIS 15. JUNI 1978

Der Münchner Kreis, 1974 auf Initiative von Vertretern aus Wissenschaft, Politik, Wirtschaft und Medien als überregionale Vereinigung mit der Zielsetzung gegründet, zur Förderung aller mit der Einführung technischer Kommunikationssysteme zusammenhängenden Fragen und Probleme beizutragen, hatte als Themenkreis des diesjährigen Symposiums die derzeit in besonderem Interesse stehende "Elektronische Textkommunikation" ausgewählt. In Vorträgen, Vorführungen und zwei Podiumsdiskussionen wurde die elektronische Übermittlung von Texten in Technik, Anwendung und ihren Auswirkungen auf die Gesellschaft erörtert. Während an den beiden ersten Tagen insbesondere die bildschirmgebundenen Verfahren Videotext und Bildschirmtext zur Sprache kamen, waren die beiden abschließenden Tage den vorwiegend papiergebundenen Textübermittlungssystemen gewidmet, die das Büro der Zukunft in maßgeblicher Weise beeinflussen könnten.

Nach Eröffnung des Symposiums vor über 500 Teilnehmern des In- und Auslandes durch den Vorsitzenden des Münchner Kreises, Prof. Witte (TU München) und den Leiter des Symposiums, Prof. Kaiser (TU Stuttgart), zeigte Kanzow (BPM) im einleitenden Referat die Palette neuer Fernmeldedienste auf, die unter Benutzung vorhandener (z. B. Fernsprechnetz) oder im Aufbau befindlicher Fernmeldenetze (z. B. Integriertes Fernschreibund Datennetz) bereits jetzt verfügbar sind oder in naher Zukunft verfügbar sein werden. So wird die Deutsche Bundespost bereits Mitte 1978 den Telefax-Dienst entsprechend den CCITT-Empfehlungen für Faksimilegeräte der Klasse 2 (Übermittlungszeit von 3 min für eine DIN-A 4-Seite) unter Verwendung des Fernsprechnetzes einführen. Die unter der internationalen Arbeitsbezeichnung "Teletex" laufenden Arbeiten zur Festlegung eines neuen Textübertragungsdienstes für das Bürofernschreiben lassen seine Einführung bis 1980/81 erwarten. Während zur Einführung von Videotext gegenwärtig keine zeitlichen Aussagen möglich sind, wird von der Deutschen Bundespost die allgemeine Einführung von Bildschirmtext für 1982 angestrebt. Ein vorausgehender Feldversuch zur Ermittlung der Akzeptanz ist für 1980 geplant. In derzeit laufenden nationalen und internationalen Beratungen wird hierbei nicht nur die Kompatibilität zu Videotext, sondern auch zu wichtigen Parametern von Teletex angestrebt. In späteren Netzkonfigurationen sollen neben den von der Deutschen Bundespost betriebenen Bildschirmtext-Zentralen auch private Datenbanken Zugang finden können. Der unter Ausnutzung aller innerhalb der Fernsehnorm verfügbaren Zeilen eines Fernsehbildes vorgeschlagene "Kabeltext" wird noch zu schaffenden Kabelfernsehnetzen vorbehalten bleiben. Auch für eine elektronische Briefübermittlung ist derzeit kein Einführungszeitpunkt absehbar.

Von Prof. Messerschmid (IRT München) wurden Technik und Anwendungsmöglichkeiten der in der Diskussion befindlichen Videotextsysteme dargelegt. In einer Gegenüberstellung der beiden Codierungsmöglichkeiten mit Bindung von Zeile und Reihe – entsprechend dem U. K. Teletext – und ohne Bindung von Zeile und Reihe – wie beim französischen Antiope-Verfahren – wurde für ersteres der einfachere Aufbau, die praktische Bewährung und die höhere Übertragungssicherheit, für das letz-

tere dagegen die höhere Flexibilität in bezug auf Zeichenvorrat, Darstellungsmöglichkeiten und Bitrate sowie leichtere Anpassung an andere Textkommunikationsdienste angeführt. Eine Untersuchung an etwa 100 Videotexttafeln aus dem bei der Funkausstellung gezeigten Programm ergab bei Annahme gleicher Bitrate nur eine unwesentliche Einsparung von Übertragungszeit von Antiope gegenüber U. K. Teletext. Für eine mittlere Zugriffszeit von 6 s lassen sich bei den derzeit zwei pro V-Lücke verfügbaren Zeilen nur etwa 60 Videotextseiten übertragen; mit weiteren Zeilen der V-Lücke ist wegen der Störmöglichkeit älterer Fernsehempfänger nicht vor 1985 zu rechnen.

Als periphere Einrichtung des Mikroprozessors im Antiope-Decoder stellten Marti und Schwarz (CCETT¹) ein nach den CCITT-Empfehlungen Gruppe III konzipiertes digitales Faksimilegerät als kostengünstige Lösung für eine Hardcopy-Einrichtung vor. Ein wünschenswerter grenzüberschreitender Betrieb setzt allerdings entsprechende internationale Übereinkünfte in bezug auf Codierung und interaktive Prozeduren voraus.

Nach Detjen (Bund Deutscher Zeitungsverleger) begründet sich der Anspruch der Presse auf die bildschirmgebundenen Textkommunikationssysteme im Gewinn an Aktualität und an der langfristig notwendigen Abkehr vom stetig kostspieliger werdenden materiellen Vertrieb von Informationen. Unter den gegenwärtigen technischen Gegebenheiten wird Videotext als aktuelles elektronisches Textsupplement zur gedruckten Zeitung derzeit der höchste Stellenwert eingeräumt, während Bildschirmtext mehr der höherwertigen Fachinformation vorbehalten bleiben soll. Eine neue Einschätzung könnte sich allerdings ergeben, wenn in größeren zusammenhängenden Verkabelungsgebieten die Anwendung von Kabeltext möglich wird.

Die von Bernath (Schweizer PTT) mitgeteilten Ergebnisse der im Sendegebiet Bantiger direkt oder über Umsetzer mit verschiedenen Bitraten und Codierungsarten vorgenommenen Videotext-Ausbreitungsversuche decken sich im wesentlichen mit an anderen Stellen gemachten Erfahrungen: relative Unempfindlichkeit des Videotextsignals gegenüber reinen Rauschstörungen, in bezug auf Nahechos weit kritischeres Verhalten im Vergleich zum Farbfernsehempfang, keine nennenswerten Probleme mit Großgemeinschaftsantennenanlagen und signifikant besseres Verhalten neuerer Videotext-Decoder gegenüber früheren Ausführungen. Gering waren die Unterschiede der Empfangsergebnisse zwischen Empfängern mit Hüllkurvendemodulation und Synchrondemodulation. Die weiterhin zwischen Videotext- und Farbfernsehempfangsqualität festgestellte geringe Korrelation widerspricht dagegen den bei den gerade zu Ende gehenden Ausbreitungsversuchen in der Bundesrepublik gemachten Erfahrungen. Die in kritischen Empfangslagen im Mittel deutlich größere Übertragungssicherheit der Biphasencodierung gegenüber der NRZ-Codierung wurde allerdings mit unterschiedlichen Bitraten festgestellt, so daß hier ein unmittelbarer Vergleich nicht zulässig erscheint.

Die vergleichsweise niedrige Übertragungsgeschwindigkeit hielt Prof. Kaiser (TU Stuttgart) den beiden Kommunikationsformen Bildschirmtext und Videotext vor,

¹ Centre Commun d'Études de Télévision et Télécommunications.

die sich bei ersterem in einer nicht unwesentlichen Zeitdauer für die vielen Suchschritte zur Erlangung einer gewünschten Information, bei letzterem in einer mittleren Wartezeit von 12 s bereits bei einem Textangebot von 100 Seiten ausdrückt: dazu kommen bei Videotext noch die durch Ausbreitungsbedingungen möglichen Textverfälschungen. Einen Ausweg bietet in freien Fernsehkanälen zukünftiger Breitband-Kabelnetze der "Kabeltext", der ein nahezu unbegrenztes Textvolumen mit Übertragungsraten von etwa 1000 Textseiten je s anzubieten gestattet. Die Übertragung der Kabeltextsignale kann hierbei entweder durch Ausnutzen aller Zeilen eines Fernsehbildes innerhalb der Fernsehnorm oder unter Zwischenschaltung geeigneter Datenmodems beispielsweise über 120 Unterkanäle zu je 64 kbit/s innerhalb eines Fernsehkanals erfolgen, wobei in jedem dieser Unterkanäle etwa 10 Seiten pro s angeboten werden können. Stehen in den Breitband-Kabelnetzen auch Rückkanäle zur Verfügung, läßt sich damit der sog. "Kabeltextabruf" realisieren, der wegen der höheren Übertragungsgeschwindigkeit ein gegenüber Bildschirmtext weit schnelleres und effizienteres Auffinden von Informationen ermöglicht.

Oberstes Gebot für die technische Ausgestaltung eines Bildschirmtext-Dienstes sieht Becker (SEL) in niedrigen Kosten und Gebühren und großer Benutzerfreundlichkeit. Ersteres ist durch die Mitbenutzung von Fernsehempfänger und Telefonanschluß gegeben, letzteres läßt sich durch möglichst automatischen Verbindungsaufbau, einfachen Dialog und kurze Wartezeiten erreichen. Der Teilnehmer kann sich entweder anhand des vorgegebenen Suchbaums führen lassen oder bei Kenntnis der Adresse die gewünschte Seite auch direkt anwählen. Kleinere Seitenanbieter können ihre Seiteneditierung und -speicherung in der für jeweils 10 000 bis 20 000 Teilnehmer vorgesehenen Bildschirmtext-Zentrale vornehmen, während großen Textanbietern auch der Zugang über das eigene Rechner- und Informationssystem möglich ist.

Für die Akzeptanz eines Bildschirmdienstes sind Sicherungsmaßnahmen gegen unberechtigte und mißbräuchliche Benutzung von besonderer Bedeutung. Nach Schüßler (AEG-Telefunken) läßt sich ein solcher Schutz abgestuft über Teilnehmernummer, Kennwort und gegebenenfalls Codewort hinreichend realisieren. Der ebenfalls erforderliche Schutz von der Gegenseite sollte andererseits eine Überwachung des Teilnehmerverhaltens ohne dessen Zustimmung verhindern. In der Ausgestaltung eines Bildschirmtext-Arbeitsplatzes ergibt ein modulares Gerätekonzept die Möglichkeit verschiedener Ausbaustufen, angefangen vom einfachen Abrufsystem bis hin zum Kommunikationsplatz mit Editierungstastatur, Hardcopy-Einrichtung und Datenkassettenspeicherung. Zur Erhöhung der Übertragungsbitrate von 75 Baud auf ebenfalls 1200 Baud vom Teilnehmer aus wurde der Vorschlag gemacht, ein Halbduplexmodem in Zusammenwirken mit einer vollständigen Integration von Sendeund Empfangsschaltung in digitaler Form vorzusehen.

Den Einfluß absehbarer technologischer Entwicklungen auf mögliche Gestaltungskonzepte für das Bildschirmtext-Endgerät betrachtete Klein (Siemens) im Hinblick auf Bildwiedergabe, Speicherung und Signalübertragung. Die einen flachen Bildschirm ermöglichenden Wiedergabeprinzipien (Flüssigkristall, Elektrolumineszenz, Gasentladung) können aus Leistungs- bzw. Preisgründen die technisch immer mehr vervollkommnete Elektronenstrahlröhre gegenwärtig nicht verdrängen. Vergrößerte Speicherkapazitäten erlauben das Abspeichern mehrerer Textseiten zur Verringerung der Zugriffszeiten; eine damit ebenfalls mögliche Erhöhung der Auflösung bei Grafikdarstellungen ist bei der im Fernsprechnetz gegebenen Bitrate von 1,2 kbit/s nur über

redundanzmindernde Codierungsverfahren (z.B. runlength-Codierung) möglich. Für Büroanwendungen von Bildschirmtext sind allerdings erhöhte Bitraten über das Integrierte Fernschreib- und Datennetz (bis 9,6 kbit/s) und über das zukünftige digitale Telefonnetz (bis 64 kbit/s) denkbar.

Unter dem Namen "Micterm 2" stellte Sharples (Philips) den Prototyp eines intelligenten Heimterminals für Informationszwecke vor, das nicht nur einen interaktiven Betrieb innerhalb eines Viewdata-Dienstes erlaubt, sondern durch Verwendung von Mikroprozessor und Datenkassette auch selbständig zum Speichern, Abrufen und Verarbeiten lokaler Daten geeignet ist. Verbesserte grafische Darstellungsmöglichkeiten und zusätzliche Seitenspeicher eröffnen in Verbindung mit einer geeigneten Software erweiterte Möglichkeiten für Erziehung und Unterhaltung, wobei auch Steuerungs- und Kontrollfunktionen häuslicher Einrichtungen (z. B. Heizung, Gas, Elektrizitätszähler) mit einbezogen werden können.

Die weiteren Vorträge nahmen sich dann verschiedener Anwendungsmöglichkeiten von Bildschirmtext an. Die in den 80er Jahren bestehende Telefonvollversorgung und die serienmäßige Ausrüstung der TV-Empfänger mit Bildschirmtext-Zusatz wird nach Meinung von Lammers (Otto-Versand Hamburg) den Verbraucher in die Lage versetzen, in häuslicher Umgebung zum selbstgewählten Zeitpunkt über Bildschirmtext Informationen der Versandhäuser einzuholen und Bestellungen über diesen elektronischen Weg aufzugeben. Im Rahmen der computergestützten Kommunikation (Computer + Communications = Compunications) lassen sich nach Großmann (Deutscher Fachverlag) aktuelle Fachinformationen zwischen den Erscheinungsintervallen einer Fachzeitschrift per Bildschirmtext anbieten, der Zugriff zu Archiv und Dokumentation einer Fachzeitschrift für den Leser ermöglichen und schließlich auch Bildschirmtext als Mittel für die Fachwerbung nutzen. Eine Überwindung zeitlicher und organisatorischer Unzulänglichkeiten bestehender Stellenvermittlungsdienste versucht nach Felix (The New Opportunity Press) seine Gesellschaft mit dem auf Viewdata basierenden Career Data Service. Der als supplementäre und komplementäre Möglichkeit zur gedruckten Mitteilung eingerichtete Dienst erlaubt ein schnelles Einbringen der über Telefon vermittelten Stellenangebote, um sie über möglichst einfach gehaltene Suchstrukturen den Stellensuchenden zur Verfügung zu halten. Die bisher Fernunterricht und programmierter Instruktion anhaftenden Nachteile (starke Formatierung, langsame Reaktion, wenig Individualität und teilweise geringe Effektivität) könnten nach Prof. Haefner (Heinrich-Hertz-Institut Berlin, Universität Bremen) durch Einbeziehung der Telekommunikation in den Unterricht eine größere Flexibilität in der Lern- und Lehrstrategie und eine höhere Effizienz erbringen, wobei der computerunterstützte Unterricht sogar einen gewissen individuellen Dialog erlaubt. Der immer mehr zum Gesprächspartner werdende Bildschirm bringt für den Menschen physiologische, physische und nicht zuletzt auch psychische Belastungen, denen nach Peters (Gewerbemedizinaldirektor, Bochum) nur durch optimale Arbeitsplatzgestaltung (einschl. Bildschirm), Arbeitszeitbegrenzung, Arbeitsplatzwechsel, Durchbrechung von Arbeitsmonotonien und Verzicht auf zu weitgehende Überspezialisierung begegnet werden kann.

Die beiden ersten Vortragstage beschloß eine Podiumsdiskussion über Anwendungen von Videotext und Bildschirmtext, an der Vertreter des Bundes (Elias, BPM), der Industrie (Gumin, Siemens und Lohr, SEL), des Rundfunks (Scharf, BR) und der Presse (Ratzke, FAZ) unter Leitung von Prof. Witte teilnahmen. Witte konfrontierte zunächst die Podiumsteilnehmer mit einem gezielten Fragenkatalog.

Auf die Frage an die Industrie nach Nutzbarkeit, wirtschaftlicher Tragfähigkeit und Menschenfreundlichkeit der neuen Kommunikationstechniken strich Gumin vor allem die notwendige Kompatibilität der verschiedenen Dienste heraus. Insbesondere im Bereich der kommerziellen Nutzung können nur durch das Zusammenwirken mit anderen Textkommunikationsformen und durch einen Verbund zwischen Bildschirmtext-Zentralen und privaten Datenbanken diese bildschirmgebundenen Textsysteme auf breiter Basis zum Tragen kommen.

Auf die Frage, was aus der Sicht des Rundfunks zu erwarten ist, bekundete Scharf ein gelassenes, nicht forderndes Interesse an Videotext als einer vom Rundfunk entwickelten Möglichkeit zur Darbietung zusätzlicher Informationen auf dem Bildschirm. In der zusätzlichen Charakterisierung nach programmbezogenen, programmbegleitenden und programmergänzenden Informationen widersprach er der Auffassung eines "neuen" Mediums. Juristisch ist Videotext unter den Rundfunkbegriff zu bringen, auch unter Berücksichtigung internationaler fernmelderechtlicher Betrachtungsweisen. Darüber hinaus scheinen die medienpolitischen Konflikte durch geeignete Gespräche abbaubar.

Demgegenüber vertrat Ratzke auf die Frage nach der Beurteilung von Videotext, Bildschirmtext und Kabeltext durch die Presse die Auffassung, daß hier drei "neue" Textmedien zur Diskussion stehen, für die die Presse nicht nur ein berechtigtes Interesse, sondern sogar ein existentielles Bedürfnis zeige. Von diesen drei Medien habe gegenwärtig Videotext als elektronisches Textsupplement zur Tageszeitung eindeutigen Vorrang. Für die weitere Zukunft sei allerdings Kabeltext für die Presse das interessantere Textsystem; deshalb müsse die Presse bei entsprechenden Pilotprojekten unbedingt beteiligt werden. Den von Ratzke ausgesprochenen Wunsch nach einer objektbezogenen Suchstruktur bei Bildschirmtext und die daran ausgelösten Kritiken einiger Stimmen des Plenums konnte Elias durch das in Aussicht genommene Angebot von drei unterschiedlichen Suchstrukturen eines künftigen Bildschirmtext-Dienstes entkräften. Der seitens der Zeitungsverleger erwünschten Einblendung von lokalen Bildschirmtext-Informationen in die Grundnetzsender widersprach Scharf mit der Bemerkung, daß neben technischen Schwierigkeiten und hohen Kosten die Versorgungsbereiche der Grundnetzsender und der lokalen Zeitungen in keiner Weise korrespondieren. Auch für einen dann über die GEZ gewünschten Gebühreneinzug für die Sendungen der Zeitungsverleger sieht Scharf nach der geltenden Rechtslage keine Möglichkeit. Dem Vorwurf der Inaktivität des Rundfunks in Sachen Videotext begegnete Scharf mit dem Hinweis auf die laufenden Feldversuche und auf weitere Gespräche in der Medienlandschaft.

Auf das Modem für Bildschirmtext angesprochen, wies Elias darauf hin, daß nach einem Karlsruher Urteil das Modem Bestandteil des Netzes ist. Diese Entscheidung soll aber in keiner Weise zu Prohibitivgebühren führen. Durch die technologische Entwicklung sei im übrigen das Modem bereits in einer Unterputzdose unterzubringen. Der Anregung von Prof. Haefner, auch die Einführung von Kabeltext in verstärktem Maße zu fördern, entzog sich Elias mit dem Hinweis auf das wirtschaftliche Verantwortungsbewußtsein. Allerdings werde bei künftigen Kabelfernseh-Pilotprojekten auch Kabeltext mitberücksichtigt.

Die Referate der beiden letzten Tage behandelten nicht nur technische und technologische Aspekte der in Aussicht stehenden Textübertragungssysteme für die Bürokommunikation, sondern gerade auch die wirtschaftlichen, organisatorischen und menschlichen Probleme bei der Anwendung dieser neuen Kommunikationsformen im Büro der Zukunft.

In den Vorträgen über technische Lösungsvorschläge ging es u.a. um neue Ausdrucksmöglichkeiten in Form des Tintenschreibwerks mit 300 Zeichen/s für eine 12 x 9-Punktmatrix-Darstellung oder in Form der Plasmaschreibköpfe, die auch einen Ausdruck in Grautönen oder Farbe erlauben. Aber auch der mögliche Aktentaschencomputer als intelligentes Terminal, das nur kurzzeitig das Kommunikationsnetz zur Datenübernahme beansprucht, um dann selbständig Verarbeitung und Ausgabe der Daten vorzunehmen, oder elektronische Schreibtafelsysteme wurden als neue Kommunikationshilfen vorgestellt. Ferner wurden Ausführungen von Faksimilegeräten für das Fernkopieren besprochen. Es schloß sich eine Analyse des elektronischen Postdienstes als Möglichkeit einer künftigen Briefkommunikation an. Schließlich wurde der gegenwärtige Stand der Spracherkennung dargelegt, die bei einem Einsatz in der Textverarbeitung letztlich den Einsatz aller manuell bedienten Schreibmaschinen ermöglichen soll. Für alle in der Diskussion stehenden Techniken sollte eine möglichst hohe Kompatibilität der Endgeräte und eine weitgehende Harmonisierung der zugehörigen Fernmeldedienste angestrebt werden, um Endgeräte der unterschiedlichen Dienste miteinander kommunikationsfähig zu machen. Dies setzt allerdings entsprechende Festlegungen gerade auch durch internationale Normungsgremien voraus.

Die "Schnittstelle Mensch/Maschine" bei Anwendungen der neuen Kommunikationsformen im Büro stand im Mittelpunkt der letzten Referate und der abschließenden Podiumsdiskussion zwischen Vertretern von Bund, Staat und Industrie unter Leitung von Prof. Kaiser. Bei der Einführung der neuen Techniken sollte der Mensch nicht den Zwängen dieser Techniken angepaßt werden, sondern die Technik sollte sich dem Menschen anpassen. Als wichtigster "Systembestandteil" im Büro dürfe der Mensch nicht zum stupiden Maschinenbediener werden, sondern er sollte durch diese Kommunikationshilfen Arbeitserleichterungen und Arbeitsbereicherungen erfahren. Ausdrücke wie "job enrichment", "job enlargement" und "job rotation" kennzeichnen hierbei Maßnahmen für eine weitere Humanisierung des Büroarbeitsplatzes. Die anzustrebende Wirkungsbereichserweiterung des Menschen im Büro erfordere jedoch eine erhöhte Fortbildungsbereitschaft und Mobilität, die aber nicht immer von den Betroffenen zu erwarten ist. Die Akzeptanz dieser neuen "Bürohilfen" kann letztlich nur in praktischen Untersuchungen und geeigneten Pilotprojekten erfaßt werden. Die volle Inanspruchnahme der neuen Kommunikationssysteme zur Verbesserung der betrieblichen und gesellschaftlichen Information wird daher als langfristiger Vorgang angesehen, der sich bis ins nächste Jahrhundert hinziehen wird.

Anzumerken wäre noch, daß bereits zu Beginn des Symposiums ein Band mit den Kurzfassungen der Referate vorlag und daß in einigen Monaten die Niederschrift aller Vorträge in gebundener Form (Springer-Verlag) zu erwarten ist.

Gerhard Möll Institut für Rundfunktechnik, München

ANKÜNDIGUNG VON VERANSTALTUNGEN

	Termine	17. 9. – 21. 9. 1979 Dortmund	7. Jahrestagung der Fernseh- und Kinotechnischen Gesellschaft (FKTG)
29. 10. – 3. 11. 1978 New York	SMPTE Technical Conference	20. 9. – 26. 9. 1979 Genf	TELECOM 79 3. Weltausstellung des Fernmelde-
9. 11. – 15. 11. 1978 München	electronica 78		wesens und in ihrem Rahmen 1. Internationale Fachbuchmesse der Elektronik und Kommunikation
22. 11. – 25. 11. 1978 Berlin	11. Tonmeistertagung	24. 9. – 4. 11. 1979	(UIT, Genf) WARC 79
27. 5. – 1. 6. 1979 Montreux	11. Internationales Fernseh- Symposium	Genf	Weltweite Funkverwaltungs- konferenz

BUCHBESPRECHUNGEN

Hochfrequenz-Halbleiterelektronik. Von Hans-Georg Unger und Wolfgang Harth. 398 Seiten, 299 Bilder, 15 Tabellen, Format 22,5 cm x 16 cm, Leineneinband, S. Hirzel Verlag, Stuttgart 1972, Preis 58,— DM, ISBN 3-0235-3.

Das vorliegende Lehrbuch behandelt in 10 Kapiteln die wesentlichen Hochfrequenz-Halbleiterbauelemente und ihre Schaltungen. Besondere Aufmerksamkeit wird dabei den Effekten gewidmet, die oberhalb etwa 300 MHz entscheidenden Einfluß haben (Ladungsträgerlaufzeiten, Dämpfung durch Bahnwiderstände und Diffusion, parasitäre Blindwiderstände).

Die zur Zeit der Drucklegung des Buches fest etablierten Bauelemente – bipolarer HF-Transistor, PN- und PIN-Diode – und deren Anwendung in Verstärkern, Oszillatoren, parametrischen Verstärkern, Frequenzvervielfachern, Modulatoren und Schaltern sind Themen der ersten Kapitel.

Was dem Werk darüber hinaus bis auf den heutigen Tag Aktualität verleiht, ist die Tatsache, daß auch den neueren Bauelementen wie Schottky-Diode, Feldeffekt-Transistor, IMPATT-Diode, Gunn-Element und Mikrowellen-Phononenverstärker breiter Raum gewidmet ist, obwohl die Technologie erst in jüngerer Zeit die Anwendungsreife brachte.

Das Buch ist dem Studierenden der Hochfrequenz- und Nachrichtentechnik, der Elektronik und der Halbleiterphysik sowie dem in Forschung und Anwendung tätigen Ingenieur und Physiker gleichermaßen sehr zu empfehlen.

Signalflußgraphen in der Elektronik. Aus der Reihe Informationselektronik. Von Hans-Ulrich Ilmer. 124 Seiten, 150 Bilder, 10 Tafeln, Format 21,5 cm x 15 cm, broschiert, VEB Verlag Technik, Berlin (DDR) 1977, Preis 9,– M, Bestell-Nr. 552 370 2.

Mit den üblichen Methoden der Netzwerkanalyse erhält der Elektroingenieur nach Anwendung der Fourieroder Laplacetransformation ein lineares Gleichungssystem, das mit Hilfe geeigneter Rechenmethoden zumeist numerisch gelöst werden muß. Die Systemgleichungen zeigen im wesentlichen die quantitativen Beziehungen zwischen den Variablen und geben explizit keine Hinweise auf die Struktur des untersuchten Systems. Für den Ingenieur kann es jedoch von Vorteil sein, wenn das Ergebnis der Analyse zunächst nicht numerisch, sondern in symbolischer Form vorliegt, denn damit lassen sich schnell Aussagen über den Einfluß der Systemparameter machen. Aus diesen Gedanken heraus entstand die Methode der Signalflußgraphen. Sie liefert eine topologische

Abbildung unter besonderer Berücksichtigung der Beziehung zwischen Ursache und Wirkung eines Signals.

Der Autor schließt mit dem vorliegenden Buch eine vorhandene Lücke in der deutschsprachigen Literatur. Dem Leser wird die Anwendung der verschiedenen Graphenmethoden erläutert. Dabei werden einige aus der Literatur bekannte Verfahren durch eine Auswertesystematik und durch Beispiele aus der Praxis der Elektrotechnik ergänzt. Der interessierte Leser kann auf die im Anhang aufgeführten Literaturquellen zurückgreifen.

Die dargestellten Methoden können für den in Forschung und Entwicklung tätigen Ingenieur sehr nützlich sein. Für das Verständnis des Buches sind lediglich elementare Kenntnisse auf den Gebieten der Matrizenrechnung, Laplacetransformation und Schaltungstechnik erforderlich.

Grundlagen der Computer-Arithmetik. Hrsg. R. Albrecht und U. Kulisch. IX, 150 Seiten, 13 Bilder, Format 24 cm x 17 cm, geheftet, Springer-Verlag, Wien-New York 1977, Preis 69,- DM bzw. 480,- ÖS (Vorzugspreis für Abonnenten der Zeitschrift "Computing": 62,10 DM bzw. 432,- ÖS), ISBN 3-211-81410-8.

Die Einführung heutiger Digitalanlagen führte zu einer ausgedehnten und systematischen Anwendung des Rechnens mit gerundeten Zahlen. Dabei zeigte sich, daß die Regeln für ein gerundetes Rechnen im "realen" Bereich mit denen im "idealen" Bereich nicht übereinstimmen und viele der klassischen Eigenschaften arithmetischer Verknüpfungen bei Rundung verlorengehen. Seit einigen Jahren laufen daher Versuche und gibt es Teilergebnisse einer axiomatischen Begründung und einer Theorie des gerundeten Rechnens.

Im vorliegenden Band sind eine Reihe einschlägiger Artikel zusammengestellt, die sich sowohl mit theoretischen Grundlagen der Computer-Arithmetik als auch mit verschiedenen Anwendungen, wie mit Genauigkeitsfragen und Fehlerabschätzung bei Gleitkommarechnung, befassen. Die Artikel bilden eine Auswahl von Vorträgen, die im Mathematischen Forschungsinstitut Oberwolfach gehalten wurden. Die Anwendungen der Arbeiten lassen u. a. wesentliche Fortschritte bezüglich der Genauigkeit und der Fehlerabschätzung von Rechenergebnissen sowie bezüglich der Verbesserung von Algorithmen für Näherungslösungen bei vorgegebener Genauigkeit erwarten.

Dieser Band spricht den mathematisch und theoretisch interessierten Leser an, der sich mit numerischen Lösungen schwieriger physikalischer und technischer Probleme beschäftigt.

Martin Dahme

Transistoren und Thyristoren. Grundlagen und Anwendungen. Elektronische Festkörperbauelemente, Band 5. Von Reinhold Paul. 484 Seiten, 232 Bilder, 37 Tabellen, Format 24,5 cm x 18 cm, Leineneinband, Alfred Hüthig Verlag, Heidelberg 1977, Preis 58,- DM, ISBN 3-7785-0428-2. Lizenzausgabe des VEB Verlag Technik, Berlin.

Das vorliegende Buch stellt einen weiteren Band der Lehrbuchreihe "Elektronische Festkörperbauelemente" (Herausgeber R. Paul) dar. (Drei vorangegangene Bände "Halbleiterphysik", "Halbleiterdioden" und "Halbleitermeßtechnik" – wurden in den Heften 4/1975, 6/1976 und 4/1977 der RTM besprochen).

Das Buch behandelt in 4 Kapiteln bipolare Bauelemente mit 3 und mehr PN-Übergängen (Transistor, Thyristor) und unipolare Transistoren (Feldeffekttransistoren) in diskreter Bauweise sowie die zugehörige Schaltungstechnik. Themen der einzelnen Kapitel sind bei den Transistortypen Kennlinien, Kleinsignalverhalten, Impuls- und Schaltverhalten, thermische Probleme sowie das Rauschen und bei den Thyristoren statisches und dynamisches Verhalten sowie die Eigenschaften bei Grenzbelastungen. Darüber hinaus werden die wichtigsten technologischen Varianten und Anwendungen vorgestellt.

Das bewährte, didaktisch und systematisch ausgezeichnete Konzept ist auch hier wieder hervorzuheben. Die einzelnen Kapitel schließen jeweils mit Wiederholungsfragen ab, die insbesondere für das Selbststudium eine sehr wertvolle Kontrollmöglichkeit bieten. Leser, die lediglich an einem groben Überblick interessiert sind, können die durch Kleindruck oder durch einen Stern gekennzeichneten Abschnitte auslassen.

Das Buch schließt mit je einem ausführlichen Quellen- und Stichwortverzeichnis ab. Es besitzt hohes wissenschaftliches Niveau und ist dem Studierenden wie dem in Forschung, Entwicklung und Lehre Tätigen gleichermaßen sehr zu empfehlen. Bodo Morgenstern

NACHRICHTEN

Rundfunkteilnehmer-Statistik Stand 30. Juni 1978

	Gebühren- pflichtige Teilnehmer	Zunahme (Abnahme) seit 31. 3. 78	Anteil in %
Hörfunk			
BR	3 496 288	+ 6797	17,0
HR	1 905 140	+ 8926	9,3
NDR	3 879 889	+ 13 655	18,8
RB	271 411	- 171	1,3
SR	359 682	+ 678	1,7
SFB	912 476	- 2366	4,4
SDR	$2\ 002\ 037$	+ 3302	9,7
SWF	$2\ 421\ 857$	$+\ 14\ 075$	11,8
WDR	5 366 811	+ 3892	26,0
Summe	20 615 591	+ 48 788	100,0
Fernsehe	e n		
BR	3 201 970	+ 11 247	16,9
HR	1 739 327	+ 6 246	9,2
NDR	3 602 725	+ 13 443	19,0
RB	251 207	- 97	1,3
SR	337 993	+ 734	1,8
SFB	834 142	- 1 212	4,4
SDR	1 725 077	+ 5 992	9,1
SWF	2 149 202	+ 11 075	11,4
WDR	5 082 313	+ 8 937	26,9
Summe	18 923 956	+ 56 365	100,0

Die Anzahl der darüber hinaus aus sozialen Gründen von der Gebührenpflicht für den Hör- und Fernsehrundfunk befreiten Teilnehmer betrug 2 950 458 am 30. Juni 1978.

RUNDFUNKVERSORGUNG IN DER BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND UND BERLIN (WEST)

Ultrakurzwellensender

Inbetriebnahmen

Bayerischer Rundfunk

Der BR hat am 28. Juli 1978 am Standort "Gelbelsee/ Eichst. Alb" einen weiteren UKW-Sender in Betrieb genommen.

Der Sender strahlt im Kanal 35/97,6 MHz mit einer Leistung von 25 kW/ERP das 3. Hörfunkprogramm einschließlich der Stereosendungen aus und benutzt die Verkehrsfunkbereichskennung "C".

Anderungen

Von den Rundfunkanstalten wurden an folgenden Ultrakurzwellensendern Änderungen vorgenommen (die geänderten Werte sind halbfett gedruckt):

Station	Pro- gramm	Kanal	Fre- quenz MHz	Leistg. ERP kW	Pol.	Azimut Grad	Tag de r Änderung
Bayerischer R	undfun	k					
Tegernseer Tal III*	3S	42	99,7	0,5	н	ND	3. 08. 78
* VerkKen	n. "D"						
Norddeutscher	Rundf	unk					
Sylt I	1S	13	90,9	1,8	Н	200; 320	28. 07. 78
Sylt III	3S	24	94,3	1,8	Н	200; 320	28. 07. 78
Sylt II*	2S	39	98,7	1,8	Н	200; 320	28. 07. 78

Fernsehsender

Inbetriebnahmen

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

Station	Kanal	Offset	Leistg. ERP W	Pol.	Azimut Grad	Tag der Inbetrieb- nahme
Bayerischer R	un d fun	k				
Rotthal- münster	31	6P	40	Н	33	26. 07. 78
Süddeutscher	Rundfu	nk				
Kleingar- tach	9	5M	5	v	15; 315	10. 06. 78

Anderungen

Hessischer Rundfunk

Der HR hat an seinem Fernseh-Grundnetzsender "Hardberg", Kanal 5, eine Leistungserhöhung vorgenommen.

Der Sender strahlt nunmehr in Richtung 77 Grad mit einer Leistung von 10 kW/ERP.

hifi 78 ein großer Erfolg

Die hifi 78, die in der deutschen Unterhaltungselektronik nicht unumstritten war, verzeichnete mit 155 000 Besuchern ($35^{0}/_{0}$ mehr als 1976) einen neuen Rekord. Die 215 Aussteller aus 11 Nationen berichteten über unerwartet hohe Aufträge und rechnen mit einem interessanten Nachmessegeschäft.

Das neue Konzept der hifi, neben dem "Festival" den Besuchern einen Einblick in die Arbeit der Hörfunkanstalten zu geben, hat sich voll bewährt. Die Besucher erlebten "live" mit, wie der Westdeutsche Rundfunk, die Deutsche Welle und der Deutschlandfunk ihre Programme von Düsseldorf aus sendeten. Nach übereinstimmender Meinung auch der Aussteller sollte ein solch attraktives Rahmenprogramm zu einer hifi-Messe gehören.

Die Mitgliederversammlung des Deutschen High-Fidelity-Instituts hat beschlossen, auch 1980 wieder eine hifi in Düsseldorf zu veranstalten.

PERSÖNLICHES

Bryce McCrirrick wird Technischer Direktor der BBC

Bryce McCrirrick, langjähriges Vorstandsmitglied der IBC, wird Technischer Direktor der BBC. Er wird James Redmond ablösen, der am 6. November in den Ruhestand geht. McCrirrick, der zur Zeit stellvertretender Technischer Direktor ist, kam 1943 als Technischer Assistent zur BBC.

Sein Stellvertreter wird Peter Rainger, früher Leiter der BBC-Forschungsabteilung in Kingswood Warren.

Hans Kersten zum Gedenken



Am 8. Oktober schied völlig unerwartet einer unserer alten Kollegen, Hans Kersten, im Alter von 64 Jahren aus unseren Reihen. Hans Kersten gehörte zu denen, die 1946 den NWDR mit häufig unzulänglichen Mitteln und unter Lebensbedingungen, die man sich heute kaum noch vorstellen kann, mit viel Einsatz und

Erfindungsgabe aufbauten. Er konnte bei seinem Eintritt schon auf 10 Jahre erfolgreicher Tätigkeit in verschiedenen Bereichen der Nachrichtentechnik zurückblicken, die Tonstudiotechenik, der er sich nun zuwandte, war jedoch Neuland für ihn. Es zeugt von seiner hohen technischen Begabung und seiner zielstrebigen Arbeitsweise, daß er schon wenige Jahre darauf in diesem Bereich als führender Fachmann angesehen wurde. In der kritischen Zeit vor der Spaltung des NWDR übernahm er außerdem auf Drängen seiner Freunde wichtige Aufgaben im Betriebsrat, um sich mit Tatkraft und Mut für die Belange der Mitarbeiter einzusetzen.

Bei der Gründung des IRT im Jahre 1957 war es selbstverständlich, daß ihm die Tonstudiotechnik, das Kernstück der NF-Technik, anvertraut wurde. Die Kassettentechnik, deren Grundlagen er schon beim NWDR erarbeitet hatte, wurde damals ausgebaut. Sie hat mehr als 2 Jahrzehnte lang das Gesicht unserer Studios geprägt. Früh erkannte Hans Kersten die Möglichkeiten der neuen Halbleitertechnik und stellte seine Arbeit konsequent darauf ein. Bezeichnend für seine auf das Wesentliche gerichtete Art ist, daß seine Ideen weniger in Veröffentlichungen und Vorträgen ihren Niederschlag fanden, als in zahlreichen z. T. wirtschaftlich sehr bedeutsamen Schutzrechten.

Als mit der Verlagerung der Hamburger Niederlassung sein Arbeitsleben vorzeitig endete, wandte er sich ganz der zweiten, sein Leben beherrschenden Neigung zu, seiner Liebe zur Natur. Dabei zog es ihn, der manchen Teil der Welt gesehen hatte, immer wieder in die stille Landschaft Ostholsteins, wo er zwischen Wald und Wasser schon Jahre zuvor ein Wochenendhaus geschaffen hatte. Jetzt verlegte er seinen Wohnsitz ganz dorthin, um sich dem Bau seines Eigenheimes zu widmen. Wer die von ihm selbst bis ins letzte Detail mit Liebe und Sachverstand ausgearbeiteten Bauzeichnungen gesehen hat, kann nur mit Wehmut und Bedauern daran denken, daß es ihm nicht mehr vergönnt war, diesen Plan zu verwirklichen.

Ernst Belger

Herausgeber: Institut für Rundfunktechnik GmbH, München.

ISSN 0035-9890

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

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

Redaktioneller Beirat: Dipl.-Ing. H. Eden, Dr. H. Großkopf, Dr. G. Plenge, Floriansmühlstraße 60, 8000 München 45. Verlag: Mensing & Co., 2 Norderstedt. Es erscheinen jährlich 6 Hefte mit einem Gesamtumfang von etwa 300 Seiten. Bezugspreis: Jahresabonnement 84,—DM zuzüglich Versandspesen. Bezugsbedingungen: Bestellungen über den Buchhandel oder beim Verlag. Abbestellungen müssen 6 Wochen vor Ablauf des Kalenderjahres vorliegen. Für gezeichnete Artikel bleiben alle Rechte, insbesondere die des Nachdrucks, der Vervielfältigung und der Übersetzung, auch auszugsweise, sowie die Verwendung der Bilder vorbehalten.

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

Gesamtherstellung: Mensing & Co., Schützenwall 9—11, 2000 Norderstedt, Ruf (040) 5 25 20 11. Einzelhefte werden nach Umfang berechnet und über den Buchhandel ausgeliefert. Auslieferungsdatum 20. 10. 1978. Einzelpreis dieses Heftes 27,60 DM.