C 21 738 F

RTM

Rundfunktechnische Mitteilungen

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

Institut für Rundfunktechnik GmbH IRT

Martin Wöhr — Das Festspielhaus Bayreuth – Realität und Idealität Bemerkungen zu Hörfunkübertragungen

Horst Wollherr — Gestaltung des Abhörbereiches in einem Tonübertragungswagen

Werner Habermann — Die Diskussion um das zukünftige Aufzeichnungsformat für digitale Videosignale – eine Bestandsaufnahme

Wolfgang Weinlein — Das paneuropäische Programmexperiment über den „Orbital Test Satellite" (OTS)

Christoph Dosch, Klaus Voigt — Die 2. Tagung der UER-Unterarbeitsgruppe V4

Bernd Raufmann — Die 4. Tagung der UER-Unterarbeitsgruppe R4 (Wellenausbreitung)

Gerd Petke — Die 8. Tagung der UER-Unterarbeitsgruppe R1 (Terrestrischer Hörrundfunk)

Rolf Süverkrübbe — Die 4. Tagung der UER-Unterarbeitsgruppe T7 (Europäisches Fernmelde-satellitensystem)

Armin Lau — Die 1. Sitzung der Interim-Arbeitsgruppe IWP 5/5

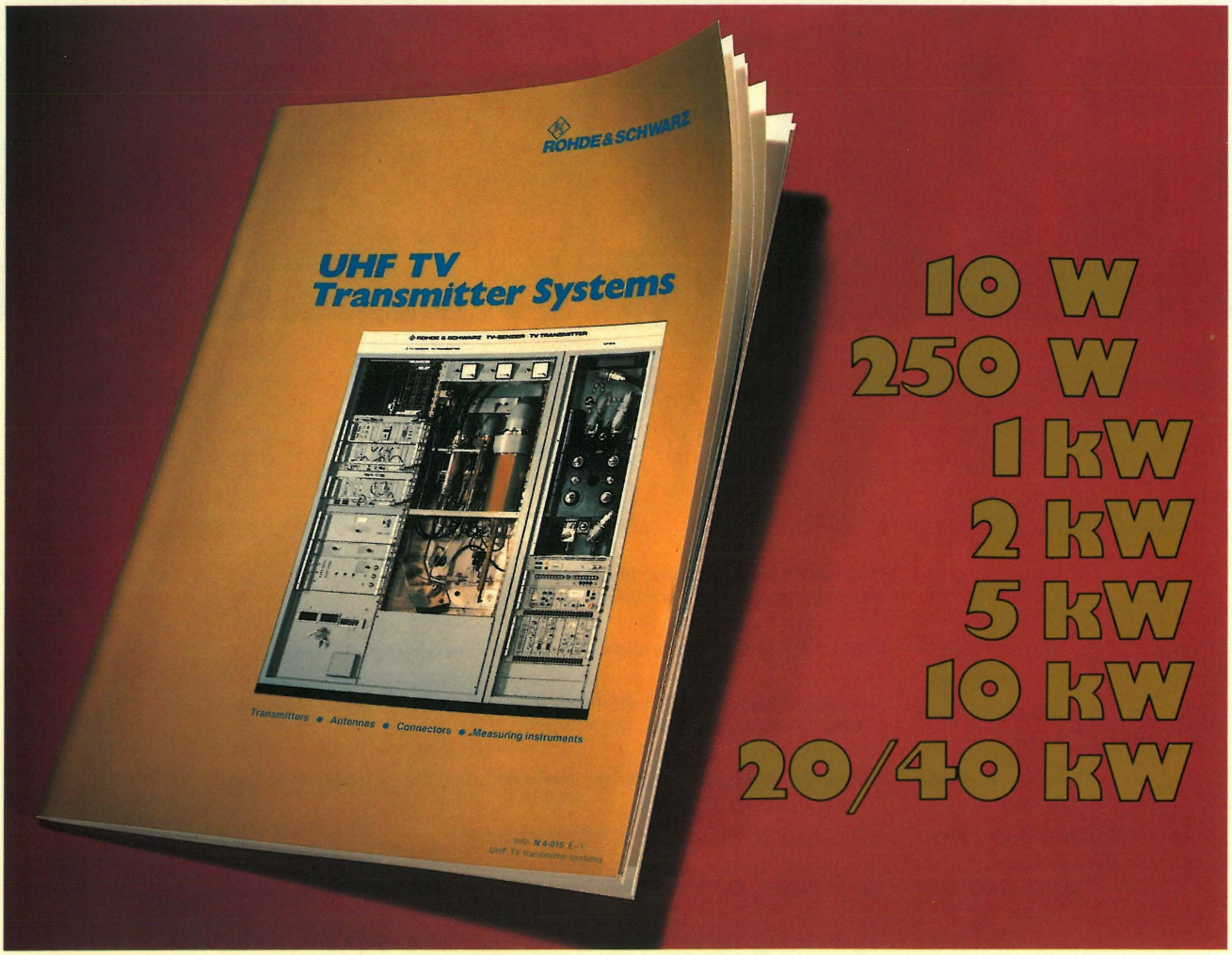
Bernd Raufmann — Die 4. Tagung der UER-Arbeitsgruppe R

Tagungen und Ausstellungen – Buchbesprechungen – Nachrichten – Persönliches

Verlagsort Hamburg
Mensing GmbH + Co KG
Abt. Verlag
2000 Norderstedt
ISSN 0035-9890

2/83
März/April
27. Jahrgang
Seiten 53 – 104

Die goldene Reihe
UHF-TV-Sender



Erfahrung von mehr als 25 Jahren ist Gold wert.
Deshalb nennen wir sie „die goldene Reihe" – die neue UHF-TV-Senderfamilie von Rohde & Schwarz.

Die Sender mit modernster Röhren- und Halbleitertechnologie bieten hohen Qualitätsstandard und Wirkungsgrad, große Flexibilität und Zuverlässigkeit.

Sie sind nach einem einheitlichen Konzept aufgebaut mit einer für alle Leistungen gleichartigen Vorstufe, Linearverstärkern und nachgeschalteten Röhrenverstärkern.

Für zentrale Bedienung und Überwachung sind die Sender ausgerüstet; für Zweiton- und Präzisionsoffset-Betrieb vorbereitet.

Kurzdaten

- Frequenzbereich durchstimmbar von 470 bis 860 MHz
- 10 bis 100 W: Steuersender und Linearverstärker volltransistoriert
- 250 W bis 10 kW: Tetroden
- 20 kW: wahlweise Tetroden oder Klystrons
- 40 kW: Klystrons

Wir erstellen in Zusammenarbeit mit Ihnen schlüsselfertig komplette Sendestationen einschließlich Antennen, Monitoring und Meßtechnik.

Verlangen Sie den Katalog
UHF-TV-Sendesysteme

1000 Berlin 10 · Ernst-Reuter-Pl. 10
Ruf (0 30) 3 41 40 36
2000 Hamburg 60 · Steilshooper Allee 47
Ruf (0 40) 6 30 70 46
5000 Köln 90 · Graf-Zeppelin-Str. 18
Ruf (0 22 03) 2 10 46
6078 Neu-Isenburg · Herzogstr. 61
Ruf (0 61 02) 31 36
7500 Karlsruhe 1 · Rüppurrer Str. 84
Ruf (07 21) 3 49 51
8000 München 80 · Berg-am-Laim-Str. 47
Ruf (0 89) 40 30 73
8500 Nürnberg 50 · Münchener Str. 342
Ruf (09 11) 8 67 47

ROHDE&SCHWARZ 50 JAHRE elektronische präzision 1933-83

13. Internat. TV-Symposium, Montreux, Stand 506

RUNDFUNKTECHNISCHE MITTEILUNGEN

JAHRGANG 27 | 1983 | Heft 2

INHALTSVERZEICHNIS:

Das Festspielhaus Bayreuth — Realität und Idealität Bemerkungen zu Hörfunkübertragungen 53
Martin Wöhr

Gestaltung des Abhörbereiches in einem Tonübertragungswagen 62
Horst Wollherr

Die Diskussion um das zukünftige Aufzeichnungsformat für digitale Videosignale — eine Bestandsaufnahme 71
Werner Habermann

Das paneuropäische Programmexperiment über den „Orbital Test Satellite" (OTS) 81
Wolfgang Weinlein

Die 2. Tagung der UER-Unterarbeitsgruppe V4 89
Christoph Dosch, Klaus Voigt

Die 4. Tagung der UER-Unterarbeitsgruppe R4 (Wellenausbreitung) 90
Bernd Raufmann

Die 8. Tagung der UER-Unterarbeitsgruppe R1 (Terrestrischer Hörrundfunk) 91
Gerd Petke

Die 4. Tagung der UER-Unterarbeitsgruppe T7 (Europäisches Fernmeldesatellitensystem) 93
Rolf Süverkrübbe

Die 1. Sitzung der Interim-Arbeitsgruppe IWP 5/5 94
Armin Lau

Die 4. Tagung der UER-Arbeitsgruppe R 96
Bernd Raufmann

Tagungen und Ausstellungen 99

Buchbesprechungen 99

Nachrichten 101

Persönliches 103

DAS FESTSPIELHAUS BAYREUTH — REALITÄT UND IDEALITÄT BEMERKUNGEN ZU HÖRFUNKÜBERTRAGUNGEN[1]

VON MARTIN WÖHR[2]

Manuskript eingegangen am 15. November 1982

Raum- und Bauakustik

Zusammenfassung

Hörfunkübertragungen aus dem Festspielhaus Bayreuth finden seit über 50 Jahren ein weltweites Interesse. Neben dem musikalischen Inhalt und der interpretatorischen Qualität ist es die außergewöhnliche Klangeigenschaft des Hauses, die den Zuhörer fasziniert.

Die Einheit der optischen und akustischen Sinneswahrnehmung beruht auf der Konsequenz, mit der Richard Wagner die Bauausführung seines Theaters überwachte. Sowohl der Zuschauerraum, in dem der Besucher hindernisfrei das Bühnengeschehen verfolgen kann, als auch der Orchesterraum, dessen homogene Klangwirkung beeindruckt, haben modellhaften Charakter. Die gehörphysiologische Zweiräumigkeit des Saales, hervorgerufen durch die direkten Schallanteile der Darsteller und durch das entfernt klingende, zu 75 % abgedeckte Orchester, entspricht den Klangvorstellungen, die Wagner in seine Partituren einbezog.

Eine Rundfunkübertragung hat sich an dieser Prämisse zu orientieren. Sie soll nicht im Sinne einer Reportage von einem Aufführungsereignis berichten, sondern mit den Mitteln der modernen Stereofonie die Vielfalt der Klangnuancen wiedergeben. Die hohe Güte von Mikrofonen, Tonstudioeinrichtungen und Übertragungsstrecken erlaubt eine weitgehende Annäherung an den Bayreuther Originalraum. Künstlerisches Einfühlungsvermögen der Tonmeister ist neben optimalen Arbeitsbedingungen Voraussetzung dafür, daß eine solche komplexe Informationsumsetzung gelingt.

Summary **The Bayreuth Festspielhaus — Reality and Ideality Comments on sound broadcast transmissions**

Sound broadcast transmissions from the Bayreuth Festspielhaus have been arousing worldwide interest for more than fifty years. In addition to the musical content and the quality of the interpretation, it is the extraordinary character of the sound that fascinates the listener.

The unity of the optical and acoustical perception by the senses results from the consistency with which Richard Wagner supervised the construction of his theatre. The auditorium, wherein there is nothing to obstruct the visitor's view of the events on the stage, and the orchestra pit, whose homogeneous acoustical effect is impressive, are both exemplary in their respective fields. The acoustico-physiological dual-space effect of the hall, brought about by the combination of the direct sound from the performers and the distant-sounding orchestra, 75 % covered, corresponds to the sound concept which Wagner enshrined in his scores.

A broadcast transmission must seek to match that premise. It must not report, in the sense of a commentary, on the performance but must reproduce, by means of modern stereophony, the manifold nuances of the sound. The high quality of the microphones, the audio-frequency equipment and the transmission circuits make possible a very close approximation to the original at Bayreuth. In addition to optimal working conditions, an artistic empathy on the part of the sound technician is a prerequisite for the success of such a complex transfer of information.

[1] Überarbeitetes Manuskript eines Vortrages, gehalten auf dem 24. Festival International Son et Image Video in Paris, 8. bis 14. März 1982.

[2] Dipl.-Ing. (FH) Martin Wöhr ist Tonmeister beim Bayerischen Rundfunk, München.

Sommaire **Le théâtre de Bayreuth: réalité et idéalité**
Remarques sur les transmissions radiophoniques

Il y a plus de cinquante ans que les transmissions radiophoniques depuis le théâtre de Bayreuth suscitent l'engouement. Outre le contenu musical et la qualité de l'interprétation, c'est l'extraordinaire caractéristique acoustique du bâtiment qui fascine l'auditeur.

L'unité de la perception optique et acoustique des sens est le fruit de l'opiniâtreté mise par Richard Wagner à superviser la construction de son théâtre. La salle où rien ne gêne la vue de la scène par le spectateur et la fosse d'orchestre dont l'homogénité acoustique est impressionnante sont à ce titre exemplaires. L'effet bidimensionnel de la salle perçu pour l'oreille provient de la combinaison du son direct des exécutants et du son plus lointain de l'orchestre, couvert à 75 %, et il correspond aux tonalités indiqués par Wagner dans ses partitions.

Une transmission radiophonique doit essayer de respecter ce principe. Elle ne doit pas informer à la manière d'un reportage sur un événement musical, mais reproduire les diverses nuances sonores grâce aux techniques modernes de la stéréophonie. La qualité élevée des microphones, des équipements de prise de son et des circuits de transmission permet une reproduction très fidèle de l'ambiance sonore à Bayreuth. Outre des conditions d'exploitation optimales, des dispositions artistiques sont indispensables chez l'ingénieur du son pour réussir un transfert d'informations aussi complexe.

1. Einleitung

Festspielübertragungen aus den Zentren der Musikgeschehen sind dank des internationalen Programmaustausches fester Bestandteil im Musikangebot vieler Rundfunkanstalten geworden. Diese, über regionale Grenzen hinausgehende Verbreitung lokaler Musikereignisse stellt an alle Beteiligten – Veranstalter, Interpreten, produzierende Sendeanstalt – hohe qualitative Anforderungen. Im besonderen Maße gilt dies für Übertragungen aus dem Festspielhaus Bayreuth. Das lebhafte Interesse der Radiohörer ist an Hörerwartungen gekoppelt, die mit den außergewöhnlichen Eigenschaften des Hauses in enger Verbindung stehen.

Der Bayerische Rundfunk kann auf eine über 50jährige Bayreuth-Tradition zurückblicken, die auch heute noch alljährlich fortgesetzt wird: 200 Sender aus Europa und Übersee waren im Jahr 1931 bei der ersten Live-Weltsendung seit Bestehen des Radios angeschlossen, als man aus Bayreuth Richard Wagners „Tristan und Isolde" übertrug. Damals sahen die Gegner einer Rundfunkübertragung die idyllische Ruhe auf dem Grünen Hügel durch das „ameisenhafte Gewimmel" der Techniker zerstört. Elitäre Kreise wetterten gegen die „Vermassung" der Festspielidee, andere befürworteten ihre „Demokratisierung" [1]. Vier Mikrofone (auf Bühne und Orchester verteilt), ein paar Verstärker, ein Lautsprecher und eine postalische Tonfrequenzleitung nach München waren der apparative Aufwand der ersten Jahre. Die heutige tontechnische Einrichtung umfaßt die modernsten Geräte der Studiotechnik, die dem Festspielbesucher jedoch weitgehend verborgen bleibt.

Zum besseren Verständnis der Merkmale einer Tonübertragung aus dem Festspielhaus Bayreuth ist zunächst die Beschreibung der räumlichen Disposition erforderlich. Anschließend werden die bei der elektroakustischen Aufnahme verwendeten technischen Mittel erläutert, unter Berücksichtigung der klangästhetischen Grundkonzeption des Hauses.

2. Zuschauerraum

Bei der Planung seines Theaterneubaus im Jahr 1872 hatte Richard Wagner anderes im Sinn, als den schon bestehenden Opernhäusern ein weiteres gleichen Stils hinzuzufügen. Nicht nur den Inhalt eines Musikdramas wollte Wagner erneuern, auch der Aufführungsort sollte vom üblichen Schema abweichen und in sein Gesamtkonzept mit einbezogen werden. Seine Ideen von einem neuen Theater waren an einige Forderungen geknüpft:

- amphitheatralische Form,
- ansteigendes Parkett,
- tiefliegendes Orchester,
- Saalverdunkelung

und als Wichtigstes:

- die Bewegungen der Instrumentalisten und des Dirigenten sollen unsichtbar bleiben, nichts Störendes den Blick ablenken [2, 3].

Eine gänzliche Umgestaltung der damals üblichen Zuschauerräume zeichnete sich allmählich ab. Der Zuschauer sollte unmittelbar und ohne Hindernis auf die Bühne blicken können, und somit war entschieden, daß die Sitzplätze sich nur in einer aufsteigenden Reihe befinden konnten. Das System der seitlichen Logenränge war folglich ausgeschlossen, weil von ihnen aus die Sicht in den Orchesterraum nicht zu versperren gewesen wäre. Eine Konstruktion des Auditoriums nach antikem Vorbild, mit einem überschreitenden Halbkreis, wurde nicht in Betracht gezogen. Die Spielfläche sollte nicht auf einer hervorspringenden Fläche, sondern in der vollen Tiefe der Bühne genutzt werden. Alle Baumaßnahmen hatten der Konzentration auf die musikdramatische Szene und der einzigartigen Akustik zu dienen, nicht der gesellschaftlichen Repräsentation [2].

In **Bild 1** ist der Grundriß des Haupthauses dargestellt, wie wir es heute vorfinden. Die nach rückwärts hin sich erweiternde Form des Zuschauerraums erfolgt unter einem Winkel von etwa 50°, der Höhenunterschied von der ersten bis zur letzten Parkettreihe beträgt annähernd 7 m. Bei einem Volumen

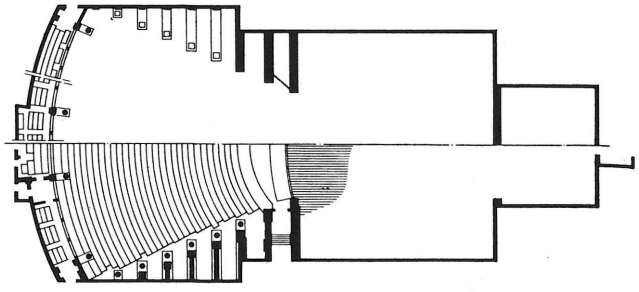


Bild 1
Grundriß

von 10 300 m³ und einer Grundfläche von 980 m² bietet der Raum 1 800 Zuschauern Platz. Die seitlich angebrachten Mauervorsprünge erhalten die perspektivischen Relationen für weiter hinten sitzende Zuschauer; kulissenartig in den Saal hineinragend passen sie sich der Blickrichtung des Betrachters an und unterstützen so die Raumwirkung der Bühne. Diese Scherwände und ihre Säulen reichen nicht bis zur Decke. Dadurch behält der Saal sein weites und luftiges Aussehen, wie auch die ebene Holzdecke an ein großes Sonnensegel erinnert [4]. Überhaupt ist die gesamte Inneneinrichtung äußerst einfach gehalten, ohne aufwendige Ornamentik und Farbenpracht. Auch die spartanischen Klappstühle, auf einem rohen Bretterboden montiert, lassen nicht das Gefühl von Luxus aufkommen. Nur in den rückwärtigen Logen sitzt man ein wenig komfortabler, dort gibt es gepolsterte Sessel.

Durch die Tieferlegung des Orchesters bestand zunächst die Gefahr, daß die bereits erreichte Harmonie des Zuschauerraums gestört werden könnte. Der mehrere Meter breite Graben zwischen dem Proszenium und den ersten Zuschauerreihen erweckte den Eindruck eines leeren Raumes. Diese optisch tote Zone überbrückte Wagner mit einem Trick: Ein vergrößertes zweites Proszenium, vor das erste gesetzt, umschließt die seitliche Orchesterbegrenzung und verstärkt den „Guckkasteneffekt". Die eigentliche Szene rückt somit in die Ferne, die auftretenden Darsteller aber bleiben in ihrer wirklichen Nähe und erscheinen vergrößert.

Die Dimensionen des Bühnenraums sind vergleichbar mit anderen großen Bühnen: 32 m breit, 25 m tief und 26 m hoch bei einer Portalbreite von 13 m. Von der letzten Zuschauerreihe bis zum Ende der Hinterbühne sind es fast 100 m, dafür fehlen Seitenbühnen, wie sie in modernen Häusern anzutreffen sind. Auch die Bühnentechnik ist nicht am heutigen Standard zu messen. Die Bayreuther Bühne verfügt über keine hydraulische Hub-, Neige- oder Drehvorrichtung, und so werden z. B. größere Dekorationsstücke auf jeweils speziell angefertigte Bühnenwagen montiert, dann von Hand an ihren Standplatz geschoben und dort zusammengesetzt.

3. Orchesterraum

Bei der Betrachtung des Bayreuther Festspielhauses kommt dem „technischen Herd der Musik" oder auch „mystischen Abgrund", wie Wagner den Orchesterraum nannte, eine besondere Bedeutung zu. Dieser Raum, der die „Realität" (Zuschauerraum) von der „Idealität" (Bühne) zu trennen habe [3], ist sowohl hinsichtlich seiner konstruktiven Gestalt als auch seiner akustisch-suggestiven Wirkung auf den Zuhörer nicht vergleichbar mit den traditionellen Orchestergräben anderer Häuser. Im Gegensatz zum Zuschauerraum, dessen Form und Ausführung von Anfang an festgelegt war, unterlag der Orchesterraum, besonders während der Bauphase, einigen Veränderungen.

Es zeigte sich sehr bald, daß die Fläche, die den gewaltigen Klangkörper aufzunehmen hatte, zu klein ausfallen würde. Eine Vergrößerung in Richtung zum Auditorium hin war zu diesem Zeitpunkt nicht mehr möglich. Teile des Orchesters mußten nun unter die Bühne verlegt werden. Die Forderung nach Unsichtbarkeit von Dirigent und Musikern war damit aber nicht mehr zu erfüllen. Wagner löste das Problem auf einfache Weise: Er baute über die erste Orchesterreihe eine gewölbte, hölzerne Abdeckung, und es entstand der für Bayreuth so berühmte Deckel.

Überraschenderweise hatte die Sichtblende keine klanglichen Nachteile auf den Eröffnungs-Ring des Jahres 1876, im Gegenteil, sie kam Wagners musikalischem Konzept sehr entgegen. Unter diesem Aspekt muß auch die sechs Jahre später fertiggestellte Partitur des Parsifal gesehen werden, dessen Instrumentation in Kenntnis der Bayreuther Situation erfolgte. „Die Klangwirkung des Parsifal ist das Ergebnis raumakustischer Überlegungen, die Richard Wagner aus den Erfahrungen der ersten Bayreuth-Jahre gewonnen und in seine Disposition integriert hat", formulierte Wolfgang Wagner, jetziger Leiter der Festspiele. Ein neuerlicher Umbau (eine weitere Vergrößerung des Orchestergrabens) wurde notwendig, damit die nochmals gestiegene Anzahl von Instrumentalisten ausreichend Platz hatte. Der Orchesterraum wuchs noch tiefer unter die Bühne. Eine zweite Abdeckung wurde angebracht, und wiederum

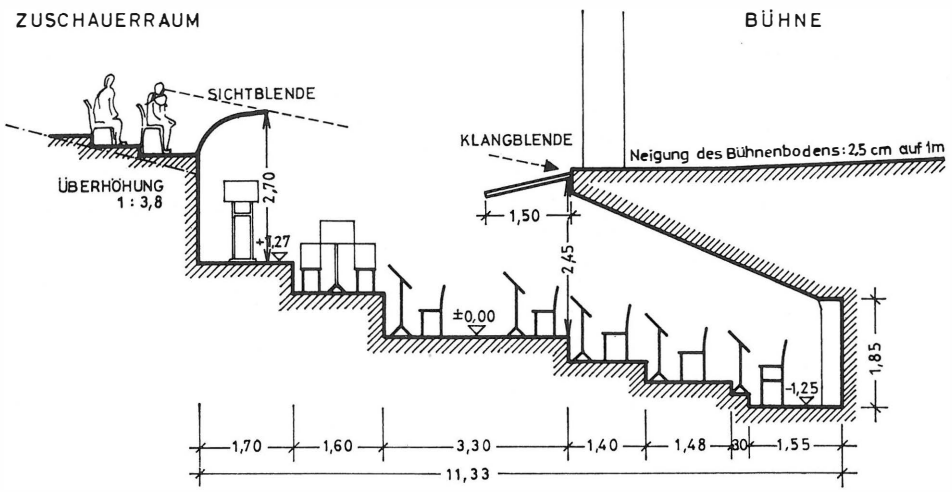


Bild 2
Querschnitt durch das Orchester

waren alle Musiker den Blicken der Zuschauer entzogen. Die knapp 2 m breite Holzplatte ist von der Bühnenvorderkante aus schräg nach unten in das Orchester geneigt.

Bild 2 zeigt den Querschnitt durch den Orchesterraum, wie er sich seit dem Jahr 1964, dem Jahr des vorläufig letzten Umbaus darstellt. Damals wurde der Graben erneut um eine Stufe erweitert und um 1,5 m in seiner Tiefe verlängert. Dem Orchester steht heute eine Fläche von 138 m² zur Verfügung, was ein Raumvolumen von annähernd 400 m³ ergibt. Der Niveauunterschied der steil nach unten verlaufenden Orchesterabsätze beträgt zwischen der obersten und der untersten Stufe 3 m. Die Blechbläser der unteren Reihen müssen ihren Kopf ungewohnt weit nach hinten neigen, um die Einsätze des Dirigenten verfolgen zu können.

Die räumliche Ausdehnung des Orchesters in die Tiefe bringt Vorteile für die Sitzordnung der verschiedenen Instrumente. Hatten die meisten Opernhäuser früherer Zeit nicht so viel Platz, daß die Musiker nach klanglichen Gesichtspunkten untergebracht werden konnten, gewann eine günstige Plazierung des Orchesters im 19. Jahrhundert immer mehr an Bedeutung [5]. Häufig waren einer Optimierung Grenzen gesetzt, da sich Orchesterräume nicht beliebig vergrößern ließen. **Tabelle 1** [7] zeigt, daß in Bayreuth heute großzügige Platzverhältnisse herrschen, der weitaus größte Teil der Gesamtfläche aber abgedeckt ist.

	F_{ges} (m²)	F_{offen} (m²)	$\frac{F_{gedeckt}}{F_{ges}}$ (%)
Festspielhaus Bayreuth	138	34	75,4
Scala Mailand	125	111	11,2
Staatsoper Wien	107	107	0
Neues Festspielhaus Salzburg	88	74	15,9
Covent Garden London	62	62	0

Tabelle 1
Verhältnis der überdeckten Fläche zur Gesamtfläche des Orchesters

Die Verteilung der Instrumentengruppen ist der auf einem Konzertpodium sehr ähnlich. Auf der obersten Stufe, rechts und links vom Dirigenten, sitzen die Violinen, auf der zweiten Stufe die Bratschen, wiederum eine Stufe tiefer sind die Celli und beidseitig die Kontrabässe angeordnet; ebenfalls in der dritten Reihe an den Seiten sind jeweils bis zu drei Harfen, in der mittleren Sektion Flöten und Oboen, in der vierten Reihe sitzen die restlichen Holzblasinstrumente, dahinter Hörner und Trompeten, ganz unten schließlich Posaunen, Tuben und Schlagzeug. Alle Blasinstrumente, und das ist hier ein wesentlicher Vorteil, sind frontal aufgestellt. Klangliche Schwerpunkte wie in anderen Opernhäusern werden vermieden, und der Dirigent braucht nicht nach den Seiten zu dirigieren. Auf eine Besonderheit muß sich allerdings jeder Bayreuth-Dirigent einstellen: Die Violinen sind seitenvertauscht

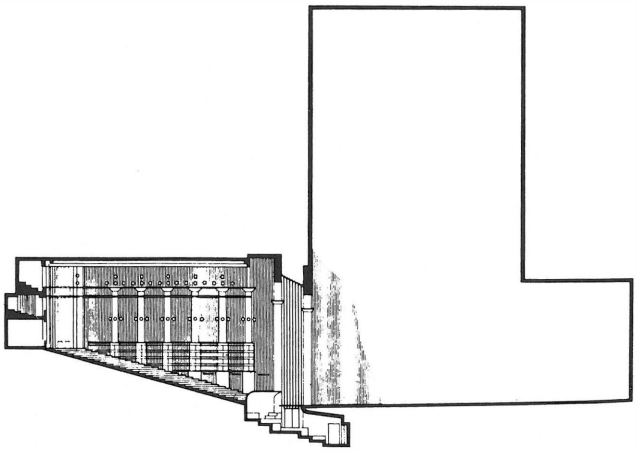


Bild 3
Querschnitt durch das Festspielhaus

angeordnet. Im nächsten Abschnitt wird darauf noch näher eingegangen.

4. Klangraum

Bei der Auffindung der günstigsten Raumform, also derjenigen geometrischen Gestalt, die eine erstklassige Akustik zuläßt, müssen drei Bedingungen erfüllt sein [6]:

1. Die direkten und die reflektierten Schallstrahlen sollen das Ohr des Zuhörers mit möglichst geringen Wegdifferenzen erreichen.
2. Die Richtungen der intensitätsmäßig vorherrschenden Schallstrahlen sollen möglichst wenig von der des direkten Schalles abweichen.
3. Die Nutzschallintensität soll nicht stark mit der Entfernung absinken.

Für das Bayreuther Festspielhaus liegt in erster Annäherung ein Dreieckaufriß vor (**Bild 3**), der sich als günstig für die Raumakustik erweist und den genannten Bedingungen nahekommt. In **Tabelle 2** [7]

	Parkett-mitte	Balkon-mitte
Neues Festspielhaus Salzburg	23	14
Covent Garden London	19	13
Scala Mailand	15	12
Staatsoper Wien	15	6
Festspielhaus Bayreuth	14	4

Tabelle 2
Zeitabstand zwischen Direktschall und erster Reflexion in Millisekunden

sind einige Opernhäuser aufgeführt, in denen die Werte für den zeitlichen Abstand zwischen dem Eintreffen des Direktschalls und der ersten Reflexion ermittelt wurden. Je geringer dieser Unterschied ausfällt, desto deutlicher ist die für ein Bühnenwerk erforderliche Textverständlichkeit des Darstellers. Gleichzeitig wird die Wirkung des Sängers in den Vordergrund gerückt und es stellt sich der Klangeindruck der Nähe ein. Bayreuth ist mit den Zeitdifferenzen von 14 ms und 4 ms für Saalmitte und

Mittelloge gegenüber anderen Häusern sehr im Vorteil.

Bei der Wahrnehmung der Schalleinfallsrichtung gibt es im Bayreuther Zuschauerraum keine schädlichen Fehlortungen. Konzentrierte Wandreflexe, wie sie häufig in anderen Sälen zu beobachten sind, werden durch die seitlichen Scherwände wirkungsvoll unterbunden. Der nachteilige Hohlspiegeleffekt der konkav gekrümmten Rückwand im Auditorium wird vermindert durch die zahlreichen Logen und deren schallschluckende Bestuhlung.

Der Dreieckaufriß schließlich sorgt dafür, daß größere Gangunterschiede vermieden werden. Der gesamte Schall läuft als Nutzschall nach rückwärts, und durch die Verdichtung der Schallenergie bleiben Lautstärke und musikalische Qualität auch für entferntere Plätze weitgehend erhalten.

Die geometrische Raumform erklärt nicht allein die Vorzüge des Bayreuther Festspielhauses. Charakteristisch ist ebenso die für ein Opernhaus verhältnismäßig lange Nachhallzeit. Im mittleren Frequenzbereich von 500 bis 1000 Hz beträgt sie 1,55 s und ist mit diesem günstigen Wert für den großen Fluß der Musik Richard Wagners besonders geeignet. Wird diese Nachhallzeit mit den Beispielen in **Tabelle 3** [7] verglichen, gewinnt der Wert noch an Bedeutung. Das Volumen der Mailänder Scala z. B, welches um 10 % größer ist als das von Bayreuth, hat eine um fast 0,4 s kürzere Nachhallzeit.

	Volumen (m^3)	Anzahl der Sitzplätze/ Stehplätze	Nachhallzeit (s)
Festspielhaus Bayreuth	10 300	1 800/0	1,55
Neues Festspielhaus Salzburg	14 000	2 158/0	1,5
Staatsoper Wien	10 660	1 658/580	1,3
Scala Mailand	11 245	2 289/400	1,2
Große Oper Paris	9 960	2 131/200	1,1

Tabelle 3
Raumgröße und Nachhallzeit im besetzten Zustand

Das Frequenzverhalten der Nachhallzeit, in **Bild 4** [5] dargestellt, läßt ebenfalls einen optimalen Klangverlauf erkennen. Der Tiefenanstieg begünstigt eine runde und sonore Färbung, während hohe Frequenzanteile nicht zu rasch an Intensität verlieren. Dieser Tatsache ist es zuzuschreiben, daß der Raum nicht matt klingt, wobei die Scherwände zu einer schnellen Durchmischung mittlerer und hoher Tonlagen beitragen.

Das Wesentliche der raumakustischen Charakteristik ist das Vorhandensein zweier unterschiedlicher Klangebenen. Während die Bühne durch ihre unmittelbare Nähe gekennzeichnet ist, erfährt der Orchesterklang eine Modifikation durch die Abdeckungen. Durch sie gelangen keine direkten Schallanteile an das Ohr des Zuhörers. Ein nahezu homogenes Klanggebilde verläßt die Schallaustrittsöffnung und wird an der oberen Portalumrandung zum Saal hin reflektiert. Der Klang scheint in die Ferne gerückt und verstärkt die mystische Wirkung im „Ring" oder im „Parsifal". Problematisch wird es allerdings bei der Realisierung der mehr kammermusikalischen Meistersinger-Partitur. Eine genaue Kenntnis der Bayreuther Verhältnisse ist für den Dirigenten notwendig, damit alle Feinheiten der Instrumentation zur Geltung kommen. Die konkave Form der Sichtblende erfüllt nebenbei noch eine andere Aufgabe: Ein Teil des Orchesterschalls wird zur Bühne hin abgestrahlt. Dem Sänger wird die Kontrolle über Intonation und rhythmischen Zusammenhalt erleichtert.

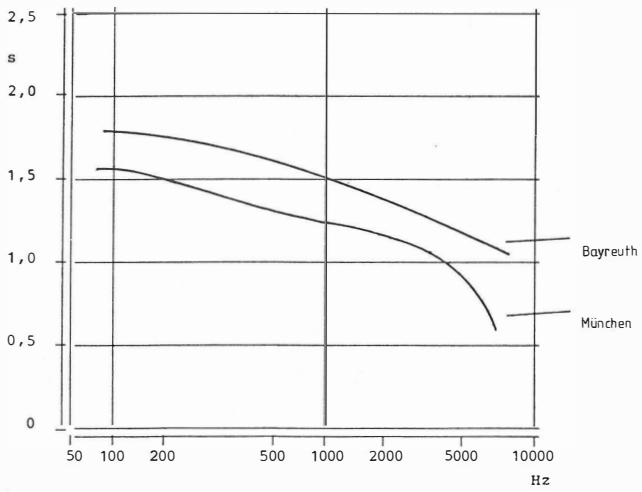


Bild 4
Nachhallkurve für das Festspielhaus Bayreuth und das Münchner Nationaltheater
Nach [5], mit Publikum

Die Nachhallzeit des Orchesterraums ist weitaus geringer als diejenige im Saal. Somit erfolgt der zeitliche Aufbau des Schallfeldes hier viel rascher als dort. Bei der Betrachtung der Raumgrößen Auditorium – Orchesterraum zeigt sich, daß das Orchester in einem verhältnismäßig kleinen Raum spielt. Hier eine ausgewogene Lautstärkebalance herzustellen, ist enorm schwierig. Stellenweise ist es im Orchestergraben so laut, daß z. B. Holzbläser nur auf ihr Können und ihre Erfahrung angewiesen sind, da sie keine Kontrolle mehr über den von ihnen erzeugten Ton haben („Götterdämmerung": Trauermarsch). Selbst Blechbläser hören oft nur noch den Ton ihres unmittelbaren Nachbarn und versuchen nun unbewußt, ihre eigene Lautstärke derjenigen der subjektiv empfundenen anzupassen. Sehr schnell kann eine übertriebene Dynamik entstehen. Der Dirigent muß im Fortissimo das Gefühl haben, der Klang ginge ihm „bis zum Hals, der Kopf muß frei sein für die Bühne", wie Pierre Boulez die Situation bildhaft beschrieb.

Damit bei solchen Klangmassen die Melodieführung der ersten Violinen erhalten bleibt, werden in Bayreuth entgegen jeglicher Gepflogenheit die Violinen seitenvertauscht angeordnet. Die ersten Violinen sitzen rechts vom Dirigenten, die zweiten links von ihm. Diese Eigenart ist wegen der Sichtblende notwendig geworden. Das Instrument, vom Spieler mit der linken Hand gehalten, hat seine Hauptabstrahlrichtung nach rechts, bezogen auf die Horizontalebene. Ein Geiger, links vom Dirigenten sitzend, richtet seinen Ton zunächst zur Sichtblende hin. Von dort wird der Klang zum Boden reflektiert und kann

erst dann den Orchestergraben verlassen. Der Ton des rechts vom Dirigenten befindlichen Geigers hingegen kann ungehindert durch die Schallaustrittsöffnung abgestrahlt werden. Für den Zuhörer im Saal ist somit das klangliche Gleichgewicht der Violinen wieder hergestellt. Vielfach muß auf diese Besonderheit des Seitentausches hingewiesen werden, um nachträgliche Reklamationen fremder Sendeanstalten aufzuklären.

5. Elektroakustische Realisation

Vergleicht man Bayreuth-Aufnahmen aus den vergangenen fünf Jahrzehnten miteinander, so fällt auf, daß frühere technische Zwänge heute nicht mehr relevant sind. Nichtlinearer Frequenzverlauf, geringer Dynamikumfang, schlechter Störabstand und andere physikalische Parameter sind in weiten Bereichen in den Hintergrund getreten, während klangästhetische Begriffe wie räumliche Auflösung, Durchsichtigkeit, Brillanz und Textverständlichkeit an Bedeutung gewinnen. Eine moderne Rundfunkübertragung mit der derzeitigen Güte der Tonregieeinrichtungen und Übertragungsstrecken erlaubt eine stärkere Hinwendung zur originalen Schallquelle und dem sie umgebenden Raum.

Das Bayreuther Festspielhaus stellt sich für den Zuhörer als ein Klangraum mit zwei akustischen Ebenen dar:

- die Bühne mit ihrem Eindruck der Nähe,
- das in der Versenkung entfernt klingende Orchester.

Bei einer elektroakustischen Übermittlung sollen beide Komponenten weitgehend berücksichtigt werden. Das Ziel ist, die Wagnersche Klangvorstellung mit den heutigen Hörgewohnheiten zu vereinen. Die zur Verfügung stehenden Mittel erlauben eine größtmögliche Annäherung.

5.1. Mikrofonaufstellung

Eine Live-Übertragung aus einem Opernhaus unterscheidet sich von einer im Studio produzierten Aufnahme. Für die Mikrofonaufstellung bedeutet dies, daß

- die Sitzordnung des Orchesters vorgegeben ist,
- die für eine optimale akustische Erfassung der Szene günstigsten Mikrofonstandorte meist wegen ihrer störenden Wirkung auf den Zuschauer nicht anwendbar sind,
- durch die Inszenierung bedingte Bewegungsabläufe der Sänger ständig wechselnde Abstände und Schalleinfallswinkel zum Mikrofon ergeben,
- die durch die Dekoration reflektierten Klanganteile sich dementsprechend ändern.

Es wird eine Mikrofonaufstellung beschrieben, die sich in den vergangenen Jahren als vorteilhaft für die Bayreuther Klangverhältnisse erwiesen hat.

Als Hauptmikrofon dient eine Anordnung von zwei Druckempfängern (Kugelcharakteristik), die senkrecht über der Schallaustrittsöffnung in 12 m Höhe angebracht sind. Sie liefern direkte Schallanteile vom Orchester und von der Bühne, aber auch Raumreflexionen aus allen Richtungen. Die Basisbreite der beiden Mikrofone beträgt 3,5 m, und die dabei entstehenden Laufzeit- und Phasendifferenzen bestimmen die Breite der stereofonen Abbildung. Der Hallradius des Zuschauerraums ist mit $r_H = 4{,}6$ m erstaunlich niedrig. Wegen der großen Entfernung von der Schallquelle werden Mikrofonkapseln gewählt, die eine Frequenzgangüberhöhung von 3 dB bei 10 kHz aufweisen. In Hörversuchen zeigte sich, daß sie für die Erfassung des diffusen Schallfeldes besonders geeignet sind. Die große Abspannhöhe ist notwendig, da sonst Kabel und Mikrofone Schlagschatten in die Dekoration werfen könnten.

Der Hallradius im Orchesterraum ist mit $r_H = 1{,}1$ m extrem niedrig. Eine sinnvolle Stützung der verschiedenen Instrumente ist wegen des dichten Schallfeldes nicht einfach. Entweder man stützt mittels Polymikrofonie sehr viele Einzelinstrumente aus geringer Entfernung, oder man versucht einen Ort zu finden, an dem günstige Schallverhältnisse herrschen. Die Hohlspiegelwirkung der gewölbten Sichtblende bietet hier die Möglichkeit, konzentrierte Schallstrahlen aus einer größeren Distanz aufzunehmen. Dieser Vorteil wird genutzt, wobei mehrere Druckgradientenempfänger am äußeren Rand der gegenüberliegenden ebenen Sichtblende montiert sind (**Bild 5**). Die Hauptaufnahmerichtung zeigt schräg nach oben in das Zentrum der konkaven Rundung. Bei gerichtetem Empfang durch Mikrofone mit Nierencharakteristik erhöht sich der effektive Hallradius, so daß diese Anordnung ideal ist für die klangliche Erfassung der hohen Streichergruppen. Die beschriebene Konfiguration reicht jedoch nicht aus, die Deutlichkeit aller Orchesterinstrumente zu erhöhen. Zusätzlich müssen die Holzblasinstrumente, Celli, Kontrabässe, Harfen und die Pauken gestützt werden.

Bild 5
Stützmikrofon für die Violinen

Obwohl sich die Stützmikrofone im direkten Schallfeld befinden, haben oftmals die direkt gelieferten Schallanteile einen geringeren Pegel als die diffusen. Vorrangig ist hierbei aber, daß direkter Schall stets die wesentliche Information der ersten Wellenfront aufweist. Der so gewonnene Richtungseindruck wird über Panoramasteller dem realen Klangbild zugeordnet.

Die elektroakustische Abbildung des Bühnengeschehens ist mit großen Klangunterschieden behaftet. Die akustische Gleichmäßigkeit früherer Inszenierungen (Wieland Wagner: „Der Ring des Nibelungen"), wo in einer nahezu dekorationslosen Szene die Darsteller oratorisch verharrten, ist realistischen Bühnenbildern mit schauspielhaft geführten Sängern gewichen. Dies erfordert eine ständig wechselnde Mikrofonaufstellung auf der Bühne. Den Zuschauerblicken entzogen, müssen Mikrofonstandorte gefunden werden, die allen klanglichen Anforderungen gerecht werden. Bei der Vielzahl der pro Saison zu übertragenden Opern und den meist kurzen Umbauzeiten innerhalb einer Vorstellung hat sich eine Grundaufstellung bewährt, die in weiten Bereichen bei allen Aufführungen angewendet werden kann.

An der Vorderseite der Bühne befinden sich, verteilt auf die gesamte Portalbreite, fünf Richtmikrofone. Sie haben eine stärkere Bündelung als die im Orchester verwendeten Stützmikrofone. Wenige Millimeter über dem Bühnenboden montiert, lassen sich störende Bodenreflexionen vermeiden. Der Nachteil der geringeren Rückwärtsdämpfung solcher Supernierenmikrofone wird dadurch ausgeglichen, daß sie in einem schmalen Lichtschacht versenkt sind. Die über den Schacht hinwegströmenden rückwärtigen Schallanteile vom Orchester können nicht unmittelbar am Mikrofon wirksam werden. Mit dieser Anordnung läßt sich der gesamte vordere Bühnenabschnitt erfassen.

Für Sänger, die im mittleren und rückwärtigen Bühnenbereich agieren, ist der Besprechungsabstand zu den Rampenmikrofonen zu groß. Begünstigt durch die vorteilhafte Raumakustik braucht ein Bayreuth-Regisseur die Sänger nicht an die Bühnenrampe zu holen, vielmehr kann die gesamte Bühnentiefe voll ausgenutzt werden (Götz Friedrich: „Lohengrin"). Je nach Form und Oberflächenbeschaffenheit des Bühnenbildes gibt es unterschiedliche Methoden zur präsenten Abbildung der Singstimme.

In einer sparsam dekorierten Szene bewähren sich Interferenzmikrofone mit einer schmalen Aufnahmekeule. Dazu sind unterhalb der Beleuchterbrücke fünf Richtrohrmikrofone angebracht, die wegen ihrer fokussierenden Wirkung für die jeweiligen Auftritte exakt ausgerichtet werden müssen (**Bild 6**). Die Distanz der Schallquelle vom Mikrofon beträgt dann im Minimum 10 m. Der nutzbare Pegelanteil eines Richtrohrmikrofons ist jedoch stark abhängig von der den Sänger umgebenden Dekoration und vom Dynamikunterschied Sänger – Orchester. Bei einem weiten Bühnenplan ist mit wenig schädlichen Bühnenreflexionen zu rechnen. Matte und dumpfe Klanganteile können mit einer geringen Entzerrung gut korrigiert werden. Anders verhält es sich bei einer schallreflektierenden Dekoration (Patrice Chéreau: „Der Ring des Nibelungen", Walkürenfelsen): Die meist harten Rückwürfe führen zu unangenehmen Klangfarbenänderungen, da die direkten und die reflektierten Schallstrahlen oft mit gleichem Pegel, aber unterschiedlicher Phasenlage am Mikrofon auftreten. Problematisch kann auch der Einsatz eines Richtrohrmikrofons werden, wenn eine hohe Schalldichte den Bühnenraum ausfüllt und der Sänger zu „ertrinken" droht. Es besteht die Gefahr, daß mit zunehmender Verstärkung des Richtmikrofons die Abhörbasis enger wird. Der Pegelanteil der richtungsbestimmenden Mikrofone ist dann gegenüber dem Stützmikrofon zu sehr benachteiligt und es entsteht ein einohriger Höreindruck.

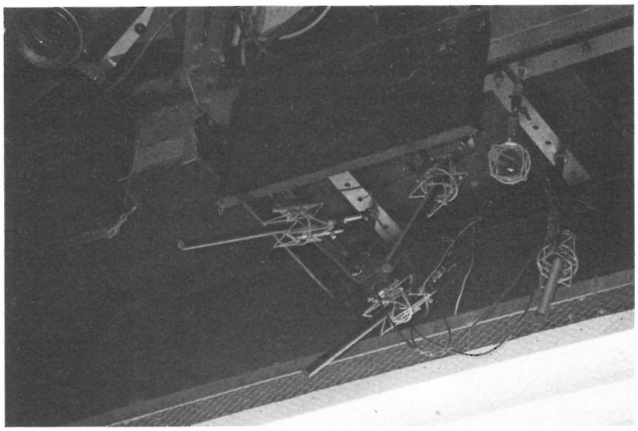


Bild 6
Richtrohrmikrofone unterhalb der Beleuchterbrücke

Soweit es eine Inszenierung zuläßt, werden deshalb zusätzliche Mikrofone innerhalb der Spielfläche angebracht. Sie sollen möglichst viele direkte Schallstrahlen aufnehmen und ungeachtet der dynamischen Verhältnisse für ein klares und präsentes Klangbild sorgen. Es wird dann in Zusammenarbeit mit dem Bühnenbildner ein Mikrofon dergestalt in die Dekoration integriert, daß es für die Dauer der Proben und Übertragungen dort verbleibt. Je nach Notwendigkeit wurden bereits bis zu sechs zusätzliche Mikrofone in Bühnenversatzstücke eingebaut, um die nachteiligen Klangwirkungen der betreffenden Szene weitgehend herabzusenken.

Nicht immer lassen sich aber alle Bühnensituationen ausreichend gut erfassen. So ist manchmal die präsente Verständlichkeit eines Solisten, der in der Bühnenmitte von einem Chor umgeben ist (Wolfgang Wagner: „Meistersinger", 3. Aufzug, Festwiese), oder die unverfärbte Klangwiedergabe eines Sängers, der sich im Inneren eines kleinen Raumes befindet (ebd., Schusterstube), schwierig zu realisieren. Hier bietet die Bühne keine Gelegenheit, ein Mikrofon im Nahfeld der Sänger unterzubringen. Seitlich in den Bühnengassen aufgestellte Stützmikrofone können zu Auslöschungen und Fehlortungen führen, auch ist der Aufnahmewinkel meist ungünstig. Es wurden deshalb schon Überlegungen angestellt, in solchen Fällen den Darstellern drahtlose Mikrofone umzuhängen. Wegen äußerer Störeinflüsse wie Kleiderrascheln, Neigen des Kopfes, unbeabsichtigtes Berühren oder elektromagnetische Einstreuungen von Beleuchtungsanlagen wird ihr Einsatz aber als zu riskant angesehen. In der nächsten Saison wird die Möglichkeit geprüft, extrem flache PZM-Mikrofone (pressure-zone-microphone) für derart kritische Situationen zu verwenden. Die Kapsel des Druckempfängers ist in einer 4 mm dicken Stahlplatte eingebaut, die in unmittelbarer Nähe des Sängers auf den Bühnenboden gelegt wird. Eine geeignete Abdeckung schützt das System vor äußerer Beschädigung durch Fußtritte.

Bild 7
Innenansicht des Regieraums

5.2. Regieraum

Im Bayreuther Festspielhaus hat der „technische Herd" des Bayerischen Rundfunks, der Regieraum, eine zentrale Lage. Oberhalb der Königsloge sind alle für eine Übertragung notwendigen Räumlichkeiten angeordnet. Der Regieraum (**Bild 7**) ist durch ein schallisoliertes Sichtfenster vom Zuschauerraum abgetrennt, daneben schließt sich der Sprecherraum für Ansagen und Magazinsendungen und des weiteren ein kleiner Werkstatt- und Lagerraum an. Die Tonträgereinrichtung befindet sich im rückwärtigen Teil des 25 m² großen Regieraums (**Bild 8**), in dem auch die Postübergabestelle mit Meßplatz untergebracht ist.

Für die sechswöchige Proben- und Übertragungsperiode werden jedes Jahr alle tontechnischen Studioeinrichtungen neu aufgebaut. Nur das Mikrofonleitungsnetz innerhalb des Hauses sowie die Modulationskabel und die Starkstromversorgung für Mischpult, externe Geräte, Tonträger und Übertragungsleitungen sind fest installiert. Für den Aufbau der kompletten Tonregie einschließlich Einmessen benötigt man etwa drei Tage.

Seit der Saison 1982 ist ein neues Mischpult in Modultechnik in Betrieb, das einen reibungslosen und betriebssicheren Übertragungsablauf gewährleistet. Sowohl seine Bauhöhe als auch die elektrischen Funktionen und Bedienungsanordnungen wurden speziell auf die Bayreuther Erfordernisse abgestimmt. Das Mischpult setzt sich aus 4 Einzelmodulen zusammen:

- 2 Eingangsmodule mit je 12 Mono-Eingangseinheiten;
- 1 Gruppenmodul mit 4 Stereo-Gruppen und 8 Mono-Eingangseinheiten;
- 1 Summenmodul mit 2 Stereo-Summen, 2 Stereo-Hallrückführungen, Aussteuerungsfeld mit Lichtzeiger, Abhörleisten und Kommandoteil.

Einschleifpunkte an allen Vor-, Gruppen- und Summenstellern ermöglichen den Einsatz von peripheren Zusatzgeräten. Zahlreiche Auskoppelverstärker erlauben eine gleichzeitige Signallieferung an unterschiedliche Verbraucher. Durch Anschalten von Mehrkanalmaschinen oder Nachschalten sekundärer

Bild 8
Tonträgereinheit

Regien lassen sich die Bedürfnisse von Hörfunk, Fernsehen und Schallplatte synchron in einem Produktionsablauf befriedigen.

Neben den üblichen tontechnischen Geräten wie Regielautsprecher, Aussteuerungsmonitor, Stereosichtgerät und Begrenzereinheiten werden verschiedenartige Halleinrichtungen benutzt. Obwohl der Bayreuther Klangraum einen Idealfall darstellt, kann bei der elektroakustischen Wiedergabe nicht auf einen künstlichen Nachhall verzichtet werden. Im Gegensatz zum Zuhörer im Saal, der seinen Platz immer außerhalb des Hallradius hat, befindet sich eine Vielzahl von Mikrofonen im direkten Schallfeld. Sie können somit keine ausreichende Rauminformation liefern. Es wird für die Bühnenverhallung ein Nachhallgerät verwendet, bei dem eine geringe Vorverzögerung eingestellt ist, das ein nicht zu tief gefärbtes Klangspektrum aufweist und dessen Nachhallzeit ähnlich der des Realraums ist. Bei der Orchesterverhallung wird mit Rücksicht auf die nahen Stützmikrofone ein Nachhall eingesetzt, der neben einer längeren Hallzeit eine warme, runde Struktur liefert und außerdem eine veränderbare Vorverzögerung und Reflexionsnachbildung hat. Mit einer unterschiedlichen Teilverhallung läßt sich in guter Annäherung die akustische Zweiräumigkeit und die räumliche Tiefe simulieren.

Vom Platz des Tonmeisters kann man das Bühnengeschehen mit all seinen Bewegungsabläufen ausge-

zeichnet verfolgen. Der visuelle Kontakt zur Szene ist für eine sinnvolle Opernübertragung außerordentlich wichtig, denn das rasche und rechtzeitige Ausbalancieren der bis zu 16 Bühnenmikrofone bestimmt die Güte einer Aufnahme. Die Bewegungen der Sänger klanglich auszugleichen und in eine optimale Abhörebene einzuordnen, erhält durch die Aktivität des Tonmeisters eine wesentliche qualitative Komponente.

6. Schlußbetrachtung

Das Bayreuther Festspielhaus zeichnet sich durch seinen harmonischen Gesamteindruck von optischer Wirkung und akustischen Eigenschaften von allen anderen Opernhäusern aus. Sowohl für das Auge als auch für das Ohr findet sich in der Zweiräumigkeit des Hauses eine interessante Analogie:

- Die gehörmäßige Wahrnehmung der Singstimme ist gekennzeichnet durch den hohen Anteil des Direktschalls. Der Sänger ist das einzige „Instrument", das der Zuhörer direkt und ohne große Laufzeitunterschiede hört. Es entsteht der Eindruck unmittelbarer Nähe und Deutlichkeit.

  Die optische Analogie wird erreicht durch die raffinierte Anordnung des doppelten Proszeniums und durch die Staffelung der Scherwände im Zuschauerraum. Der Sänger erscheint dem Betrachter näher, während sich die Dekoration perspektivisch verjüngt und damit entfernt.
- Die gehörmäßige Wahrnehmung des Orchesters ist gekennzeichnet durch das Fehlen direkter Schallanteile. Ein unmittelbarer Richtungseindruck kann somit nicht entstehen. Das Orchester erscheint dem Betrachter entfernt.

  Die visuelle Entsprechung wird durch die beiden Sichtblenden erreicht, die das Orchester dem Auge des Zuschauers vollständig entziehen.

Der Kontrast zwischen dem verdeckten Orchesterklang und dem nahe wirkenden Klang der Singstimme, dieser besondere Charakter der raumakustischen Disposition in Bayreuth, muß bei einer Rundfunkübertragung berücksichtigt werden.

Die Verwendung übertragungstechnischer Mittel hängt von der klangästhetischen Grundkonzeption ab. Es stellt sich die immer wiederkehrende Frage, ob dem Rundfunkhörer die Sänger und die Instrumente in seine Abhörumgebung transportiert werden sollen – angepaßt an heutige Hörgewohnheiten –, oder ob man ihm die Illusion liefern soll, am Ort der Schallquelle akustisch teilzunehmen. Der erste Fall käme einer im Studio produzierten Aufnahme nahe (Idealität?), letzterer hätte den Charakter einer Reportage (Realität?). Beide Verfahren sind hier für sich alleine gesehen unbefriedigend. Die modernen Stereoaufnahmeverfahren sind geeignet, eine möglichst originale Abbildung des Bayreuther Realraums bei gleichzeitiger Durchsichtigkeit der Partitur und Klangfarbentreue der Schallquelle zu vermitteln.

Den vollständigen Ersatz einer Bayreuth-Aufführung kann eine Lautsprecherwiedergabe selbstverständlich nicht bieten. Die Loslösung des Musikalischen vom Szenischen, die folglich stärkere Hinwendung zum akustischen Geschehen, steht im Gegensatz zu Richard Wagners Idee vom Gesamtkunstwerk. Sein Enkel, Wolfgang Wagner, beurteilt das heute realistischer: „Eine Rundfunkübertragung aus Bayreuth stellt ein gutes Regulativ bei der schlüssigen Beurteilung von Inszenierungen dar. Sie ist als Live-Übertragung in jedem Fall interessant und erstrebenswert. Sie ist damit ein wichtiger Mittler heutiger Musikkultur."

SCHRIFTTUM

[1] Bauer, O. G.: Das sichtbare und das unsichtbare Theater. Bayreuther Schriften, 1980.

[2] Bayreuther Festspiele. Verlag der Festspielleitung Bayreuth, 11. Auflage, 1981.

[3] Wagner, R.: Das Bühnenfestspielhaus zu Bayreuth. Gesammelte Schriften und Dichtungen, 9. Band, Leipzig 1873.

[4] Appia, A.: Über das Bayreuther Festspielhaus. Die Gesellschaft, 1902, H. 15/16.

[5] Meyer, J.: Akustik und musikalische Aufführungspraxis. Verlag Das Musikinstrument, Erwin Bochinsky, Frankfurt 1972.

[6] Skudrzyk, E.: Die Grundlagen der Akustik. Springer-Verlag KG, Wien 1954.

[7] Beranek, L. L.: Music, acoustics & architecture. John Wiley & Sons, New York — London 1962.

GESTALTUNG DES ABHÖRBEREICHES IN EINEM TONÜBERTRAGUNGSWAGEN

VON HORST WOLLHERR[1]

Manuskript eingegangen am 8. November 1982 Raum- und Bauakustik

Zusammenfassung

Wegen der durch die Fahrzeugabmessungen begrenzten Ausdehnung des Abhörbereiches in Übertragungswagen sind die Abhörverhältnisse — verglichen mit denen in üblichen Abhörräumen in Rundfunkstudios — besonders kritisch. Während sonst erst im Bereich sehr tiefer Frequenzen die Raumabmessungen in der Größenordnung der Schallwellenlängen liegen, trifft das in den kabinenartigen Räumen eines Ü-Wagens bereits im Frequenzbereich wichtiger Formanten zu. Es ergeben sich deshalb zwangsläufig an verschiedenen Abhörorten unterschiedliche Frequenzabhängigkeiten der Schallübertragung; der Hörer nimmt ortsabhängige Klangverfärbungen wahr, die durch elektrische Entzerrungen allenfalls für einen eng begrenzten Raumbereich verringert werden können.

Aus diesem Grunde wurde versucht, die Reflexionen von den Wänden weitgehend zu unterdrücken, ohne den konstruktiven Platzbedarf ungebührlich zu erhöhen. Bei Beschränkung auf eine Wanddicke von etwa 6 cm gelang eine für Frequenzen oberhalb etwa 200 Hz befriedigende Konstruktion aus mehreren Schichten porösen Materials mit eingefügten Folien. Diese Konstruktion gewährleistet gegenüber üblichen Ausführungen auch eine verbesserte Schalldämmung gegenüber den Außengeräuschen.

Für die Bedämpfung tieffrequenter Eigenschwingungen wurde der zur Luftversorgung des Wageninneren verwendete Deckenbereich mit eingesetzt. Dazu wurde eine Anordnung entwickelt, die es gestattet, den Abhörbereich gleichmäßig und zugfrei mit Luft zu versorgen. Gleichzeitig stellt die Anordnung einen Schallabsorber großer Fläche dar, der bereits unter 100 Hz wirksam ist. Außerdem wurde bei der Konstruktion auf die Vermeidung hoher örtlicher Strömungsgeschwindigkeiten und auf größtmögliche Dämpfung der durch den treibenden Ventilator verursachten Geräusche geachtet. Bei bekanntem Spektrum der Ventilatorgeräusche ist durch entsprechende Nutzung der vorhandenen Hohlräume eine gezielte Pegelreduzierung möglich.

Zur Beurteilung der Schalldämmung möglicher leichter Wandkonstruktionen wurde ein Verfahren angewandt, bei dem aus Körperschallmessungen an streifenförmigen Mustern auf den Frequenzverlauf des Schalldämm-Maßes geschlossen wird. Es zeigt sich, daß leichte Sandwichwände mit Hartschaumkern Zusatzmaßnahmen erfordern.

Beim Aufhängen von Geräten mit erheblichem Körperschallpegel im Wagenaufbau genügt eine elastische Lagerung nicht. Vielmehr sind zur Erzeugung eines für die Schalldämmung erforderlichen Impedanzsprunges zusätzliche abgefederte kompakte Massen notwendig.

Summary **Construction of the listening area in a sound-broadcasting vehicle**

Because of the size of the listening areas in OB vehicles, which is limited by the dimensions of the vehicle, listening conditions are particularly critical, compared with those in normal listening rooms in broadcasting studio centres. Whereas, in those rooms, it is usually only in the case of the very low audio-frequencies that the dimensions of the room approximate to the wavelengths of the sound, this occurs in the cabin-like spaces of an OB vehicle already in the frequency range of significant components. As a consequence, at different listening points there inevitably result different degrees of frequency dependency of the sound; one can discern position-dependent sound changes which can, at the best, be no more than reduced by electrical equalisation, in the case of narrowly restricted spaces.

For that reason, endeavours were made largely to suppress the reflections of the walls, without unduly increasing the constructional space requirement. With a restriction of the walls to a thickness of about 60 mm, a form of construction, which is satisfactory for frequencies in excess of about 200 Hz, was achieved by using several layers of a porous material, separated by sheets of foil. Compared with the conventional designs, that construction guarantees also an improved sound insulation from extraneous noise.

For minimising low-frequency acoustic characteristic frequencies, use was made also of the hollow roof used for the air supply for the interior of the vehicle. For that purpose, an arrangement was developed which makes it possible to supply air to the listening area uniformly and free from draughts. At the same time, this arrangement constitutes a large-area sound absorber which is effective even below 100 Hz. Moreover, attention was paid in the design to the avoidance of any local high velocity of air-flow, as well as to the greatest possible attenuation of the noise caused by the fan. When the spectrum of the fan noise is known, a satisfactory reduction of level is possible by the appropriate utilisation of the existing cavities.

For the appraisal of the sound insulation of possible light wall constructions, use was made of a method whereby an indication of the frequency characteristic of the sound-insulating effect was obtained from measurements of structure-borne vibration on laminated specimens. It appeared that light sandwich-construction walls having a hard-foam core require additional precautions.

When equipment having a considerable level of structure-borne vibration is installed in the vehicle, then the resilient mounting alone is not sufficient; rather, for the production of a sudden change of impedance, such as is needed for the sound insulation, additional resiliently mounted compact masses are necessary.

Sommaire **Réalisation de la cabine de prise de son dans un car de reportage radiophonique**

Le volume de la cabine de prise de son d'un car de reportage est limité par les dimensions du véhicule, ce qui rend les conditions d'écoute particulièrement critiques par rapport à celles des cabines normales dans les studios radiophoniques. Alors que, dans ces dernières, les dimensions du local ne se rapprochent des longueurs d'onde de son qu'aux fréquences très graves, ce cas se présente pour une plage de fréquences significatives dans les cabines d'un véhicule de reportage. De ce fait, la relation entre le son et la fréquence diffère inévitablement d'une position d'écoute à une autre; l'auditeur perçoit ainsi des tonalités différentes selon l'endroit, ce qu'on peut tout au plus atténuer dans des espaces exigus au moyen d'une correction électrique. C'est pour cette raison qu'on s'est efforcé de réduire le plus possible les réflexions des murs sans trop accroître les exigences sur le plan de la construction. En réduisant l'épaisseur des parois à environ 6 cm, on est parvenu à obtenir un procédé de construction satisfaisant pour des fréquences supérieures à 200 Hz, en

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

superposant plusieurs couches d'un matériau poreux séparées par des feuilles. On obtient en outre une meilleure isolation contre les bruits extérieurs que par l'emploi des procédés habituels.

On a par ailleurs utilisé le faux plafond assurant la ventilation intérieure du véhicule pour réduire l'oscillation naturelle aux fréquences graves. Un dispositif particulier permet à cet effet de ventiler uniformément et sans turbulence la cabine de prise de son. Ce dispositif constitue en même temps un absorbeur de son de grande superficie qui est efficace même aux fréquences inférieures à 100 Hz. On s'est en outre efforcé d'éviter toute pulsion d'air locale importante et de réduire le plus possible le bruit du ventilateur. Lorsque le spectre du bruit du ventilateur est connu, l'utilisation des courbes existantes permet d'en réduire le niveau de manière satisfaisante.

Pour évaluer l'atténuation acoustique de parois légères, on a utilisé une méthode donnant sa variation avec la fréquence à partir de mesures acoustiques effectuées sur des échantillons stratifiés. On a constaté que des panneaux en sandwich de polystyrène expansé nécessitent des précautions supplémentaires.

Une fixation élastique ne suffit pas pour l'installation dans le véhicule d'appareils présentant des vibrations propres importantes. Il faut ajouter des masses suspendues compactes pour produire une variation brusque du niveau d'impédance, nécessaire pour l'atténuation acoustique.

1. Einleitung

Mit zunehmendem technischen Aufwand bei der Herstellung von Tonaufnahmen wächst die Bedeutung mobiler Regieeinrichtungen, die in Tonübertragungswagen enthalten sind. Gleichzeitig wachsen auch die Ansprüche, die an die Abhörqualität dieser Fahrzeuginnenräume zu stellen sind. Dabei spielen Fragen der Raumakustik und der Schalldämmung gegenüber Außengeräuschen sowie gegenüber im Fahrzeug selbst erzeugten Geräuschen eine Rolle. Im letzten Fall sind die Ausbreitungswege über die Luft und über den Fahrzeugaufbau zu unterscheiden.

2. Raumakustik

2.1. Raummoden

Hinsichtlich der Raumakustik stellen die geringen Abmessungen des zur Verfügung stehenden Platzes eine Besonderheit dar. Zwar kommen in Räumen aller Größen die in **Bild 1** für ein einfaches Beispiel dargestellten Raummoden vor; jedoch treten sie in so kleinen Räumen – wie den Abhörbereichen in Ü-Wagen – in besonders kritischen Frequenzbereichen auf. Im Beispiel ist für einen Rechteckraum eine Verteilung dargestellt, bei der in Richtung der längeren Raumachse 3/2 Wellenlängen Platz finden, in der dazu senkrechten Richtung gerade eine Wellenlänge. Aus Gründen der Übersichtlichkeit wurde der Raum als so flach angenommen, daß in der Höhenausdehnung ebene Wellen erzwungen werden.

Resultierend erscheint das Bild der Überlagerung aus sich senkrecht kreuzenden und gegenläufigen Wellenzügen, das ein orts- und zeitfestes Muster von Bergen und Tälern der Schallintensität aufweist, sogenannte stehende Wellen oder Raummoden. Bei höheren Frequenzen – richtiger: bei kleineren Wellenlängen im Verhältnis zu den Raumabmessungen – entstehen Muster mit geringeren Abständen zwischen den Extremwerten der Intensität. Bei Abweichungen von der exakten Quaderkonfiguration des Raumes entstehen entsprechende Schallintensitätsverteilungen, deren genaue Ausbildung lediglich schwieriger zu berechnen und darzustellen ist [1].

Da die Wellenlänge λ mit der Frequenz f durch die konstante Ausbreitungsgeschwindigkeit c der ebenen Welle über $\lambda = c/f$ verbunden ist, kann man aus **Bild 1** erkennen, daß für kleine und ähnliche, große Räume gleiche Verhältnisse bei unterschiedlichen Frequenzen auftreten. Dabei verhalten sich die Frequenzen umgekehrt proportional zu den typischen Raumabmessungen. Hat also der Raum doppelt so große Kantenlängen, so treten gleiche Intensitätsverteilungen eine Oktave tiefer auf.

Betrachtet man typische Abmessungen von Abhörkabinen in Ü-Wagen von etwa 2 m, so erkennt man, daß bei etwa 100 Hz ($\lambda/2$) die ersten Raummoden auftreten, denen in immer dichteren Frequenzabständen weitere Bereiche folgen, in denen ganze Vielfache der halben Wellenlänge in eine Raumdimension „passen". Wichtig ist, daß jede ausgeprägte Raummode mit Resonanzerscheinungen bei der Anregung des Raumes verbunden ist. Außerdem ist zu beachten, daß Maxima und Minima für verschiedene Frequenzen im allgemeinen an unterschiedlichen Orten auftreten, daß also bei fester Zuordnung von Sende- und Empfangspunkt in einem Raum ein sehr unausgeglichener Frequenzverlauf des Übertragungsmaßes entsteht.

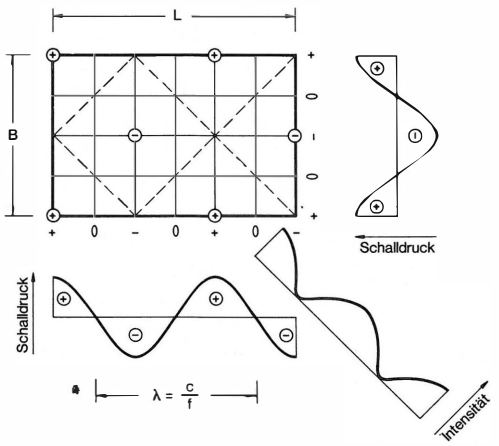


Bild 1
Stehende Wellen im Rechteckraum
$B = \lambda$, $L = 3/2\,\lambda$, $H \ll \lambda$

Bei 1000 Hz beträgt der Abstand zwischen zwei gleichartigen Extremwerten etwa 17 cm und erreicht damit den Abstand der Ohren. Man kann davon ausgehen, daß deshalb, und wegen der immer enger benachbarten Eigenfrequenzen, bei Frequenzen oberhalb 1 kHz die Frage der Raummoden in Abhörräumen eine untergeordnete Rolle spielt. Für Ü-Wagen liegt also der kritische Frequenzbereich etwa zwischen knapp 100 Hz und 1 kHz.

2.2. Absorbierende Wandkonstruktion

Zur Existenz stehender Wellen in Räumen sind Wandreflexionen notwendig. Je vollkommener die Reflexionen, desto größer ist der Unterschied der Ex-

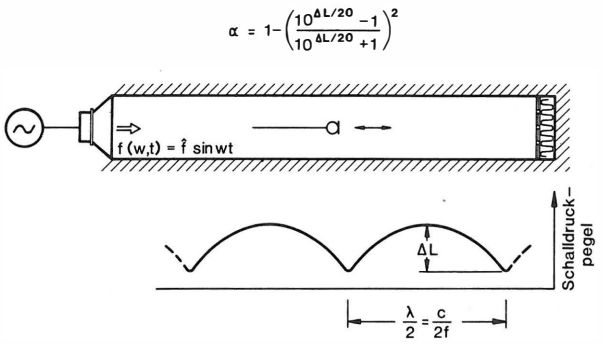


Bild 2
Bestimmung des Absorptionsgrades im Kundtschen Rohr

tremwerte der Intensität im Schallfeld. Da die Vergrößerung des Abhörbereiches zur Erzeugung besserer statistischer Verhältnisse nicht über das durch das Fahrzeug gegebene Maß hinaus möglich ist, bleibt nur der Versuch, im kritischen Frequenzbereich die Wandreflexionen möglichst weit zu reduzieren und zu untersuchen, ob die damit entstehenden Abhörverhältnisse in ihrer Gesamtheit befriedigend sind.

Die Erfüllung dieser Forderung wird jedoch auch durch den geringen zur Verfügung stehenden Platz erschwert. Bei einem durch Gesetz geforderten Maximum der Fahrzeugbreite von 2,5 m sind Wandkonstruktionen mit einer Tiefe von z. B. 200 mm nicht tragbar. Es wurde deshalb der umgekehrte Weg beschritten, eine gerade noch realisierbare Konstruktionstiefe von 60 mm vorzugeben und zu versuchen, dieser Wandanordnung möglichst breitbandige Absorptionseigenschaften – auch zu tiefen Frequenzen hin – zu geben. Der Weg bestand darin, durch gestaffelte Anordnung unterschiedlicher Schichten ein entsprechendes Frequenzverhalten zu erzeugen.

Dazu wurde als Meßprobe ein Wandausschnitt mit einer Kantenlänge von 500 mm x 500 mm aufgebaut und im Kundtschen Rohr auf sein Absorptionsvermögen untersucht. Diese in **Bild 2** dargestellte Meßmethode, bei der die Meßprobe einen Kanal abschließt, in dem die Extremwerte eines von einem Lautsprecher erzeugten Schallfeldes durch ein bewegtes Mikrofon bestimmt werden, beschränkt sich zwar bei üblicher Meßanordnung auf die senkrechte

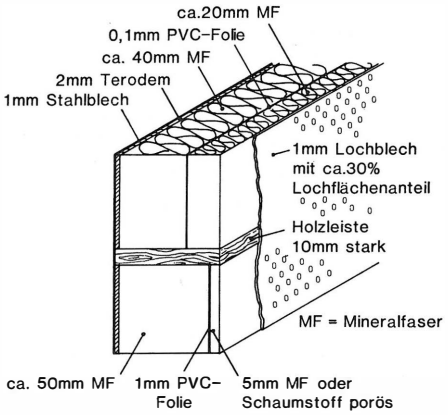


Bild 3
Absorbierende Wandanordnung

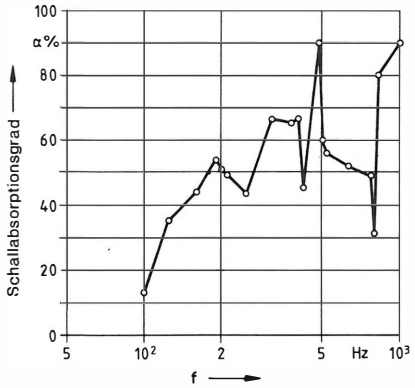


Bild 4
Schallabsorptionsgrad der Wandanordnung bei senkrechtem Schalleinfall
(Messungen im Kundtschen Rohr)

Schalleinfallsrichtung; sie ist jedoch gut zum Vergleich grundsätzlich ähnlicher Anordnungen geeignet.

Nach verschiedenen Variationen stellt die in **Bild 3** dargestellte Wandanordnung den besten Kompromiß dar, bei der zwei unterschiedliche Tiefenstaffelungen von porösen Schichten und PVC-Folien nebeneinander angeordnet wurden. Aus **Bild 4** ist abzulesen, daß oberhalb etwa 150 Hz der Absorptionsgrad zwischen 40 % und 80 % liegt. Weiterhin ist jedoch auch abzulesen, daß die Absorption bei tieferen Frequenzen nicht ausreicht, um die Ausbildung stehender Wellen hinreichend zu unterdrücken. Für diesen Frequenzbereich mußte auf den Deckenbereich zurückgegriffen werden, der normalerweise jedoch von den Bestandteilen der Klimaanlage belegt ist.

3. Fahrzeug-Klimaanlage

3.1. Übliche Anordnung

Die Gestaltung der Klimaanlage erfolgt üblicherweise unter rein klima- und fahrzeugtechnischen Gesichtspunkten. Auswirkungen der großflächigen Blechgebilde auf raumakustische Eigenschaften werden nicht bewußt geplant. Eine typische Anordnung eines Klimagerätes mit nachfolgendem Kulissenschalldämpfer und Einrichtungen zur Fortleitung und Verteilung der Luft ist in **Bild 5** dargestellt. Dabei entspricht es durchaus üblicher Praxis, den Schalldämpfer auf die Druckseite zu beschränken, obwohl saugseitig direkte Verbindungskanäle zu den Räumen existieren. Entgegen dem Gefühl breitet sich

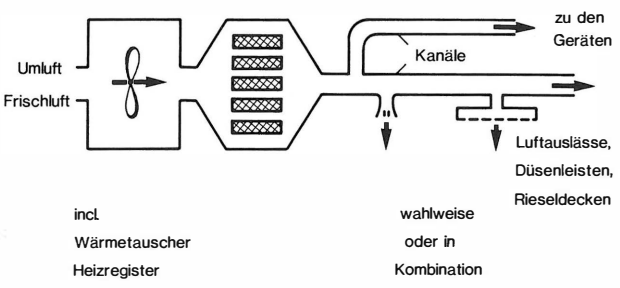


Bild 5
Üblicher Aufbau einer im Deckenbereich untergebrachten Klimaanlage

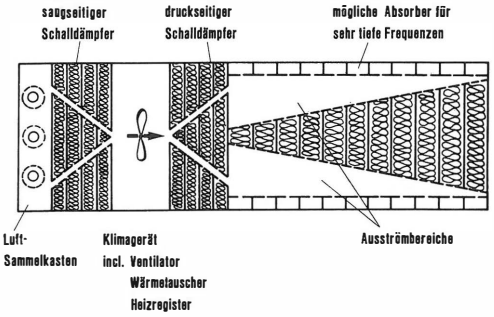


Bild 6

Prinzipielle Aufteilung des Deckenbereiches bei der vorgeschlagenen Ausführung der Klimaanlage

jedoch der Schall in Kanälen völlig gleichwertig mit und gegen die Luftströmung aus.

Die Verwendung vorgefertigter Schalldämpferkulissen erschwert die volle Ausnutzung des Dachraumes zum Zwecke der Reduzierung der Ventilatorgeräusche und führt im allgemeinen zu relativ hohen Stoßverlusten in der Strömung. Die Aufteilung der Luft auf die verschiedenen Kanäle und Luftauslässe erfordert fast immer Drosselvorrichtungen und Leitflächen, die immer die Gefahr hoher örtlicher Strömungsgeschwindigkeiten und damit zusätzlicher Geräusche hervorrufen.

3.2. Vorgeschlagene Deckenaufteilung

Mit der in **Bild 6** schematisch wiedergegebenen Anordnung soll versucht werden, die Erfüllung klimatechnischer Forderungen mit befriedigenden akustischen Verhältnissen zu vereinbaren. Das Klimagerät mit dem treibenden Ventilator, dem Wärmetauscher und eventuell den angeströmten Heizstäben wird sowohl druck- wie saugseitig mit Kammerschalldämpfern abgeschlossen, die auch bei tiefen Frequenzen effektiv sind. Die Aufteilung der Kanäle in jeweils zwei Teilkanäle mit insgesamt gleicher freier Querschnittsfläche führt zu einer Vergrößerung des absorbierenden Umfangs und damit zu einer weiteren Verbesserung der Wirksamkeit. Druckseitig enden die Kanäle in Flachräumen, die sich mit der Entfernung verjüngen. Nach unten, d. h. zum Wageninneren hin, werden die Flachräume durch hochperforierte Bleche mit Mineralfaserauflage abgeschlossen. Der Strömungswiderstand dieser Anordnung ist so eingestellt, daß sich ein gewisser Gegendruck aufbaut, ohne die Druckverluste unzulässig ansteigen zu lassen. Der zur Ausströmung nicht verwendete Bereich wird ebenfalls nach unten mit dem gleichen Lochblech abgeschlossen, seitlich mit Lochblech begrenzt und durch Trennwände in Kammern unterteilt, die homogen mit Mineralfasermaterial gefüllt werden. Dieser Bereich ist damit sowohl von unten wie von den Seiten für Schallwellen zugänglich, wegen seines gegenüber den offenen Flachräumen höheren Strömungswiderstandes jedoch praktisch dicht gegenüber der strömenden Luft.

In **Bild 6** sind seitlich von den Ausströmbereichen Kammern dargestellt, die mit ihren Öffnungen als Helmholtzresonatoren für tiefe Frequenzen – etwa im Bereich zwischen 80 Hz und 100 Hz – ausgebildet werden können. Zweckmäßigerweise sollten die Resonatoren durch Einbringen von Mineralfasermaterial etwas bedämpft werden. Diese Tiefenabsorber wirken sich schalldämpfend für Tiefenanteile des Ventilatorgeräusches aus und reduzieren die bei kleinen Abhörräumen übliche Tiefenlastigkeit des Klangbildes. Zwar ist durch die sich mit der Entfernung von den einmündenden Kanälen verjüngende Form bereits berücksichtigt, daß sich der Druck in dem als Druckkammer zu flachen Raum nicht gleichmäßig aufbaut. Dennoch reicht diese Maßnahme allein nicht aus; zumal sie bei Übertreibung zu unzulässig hohen lokalen Strömungsgeschwindigkeiten führen würde. Deshalb wurden Anordnungen von Strömungshindernissen untersucht, die bewirken sollen, daß sich die Geschwindigkeit der in die Flachräume einströmenden Luft in genügend feinen Stufen abbaut, was mit einem entsprechend feinstufigen Druckaufbau verbunden ist, der wiederum eine gleichmäßige Ausströmung in das Wageninnere bewirkt. In **Bild 7** sind zwei Anordnungen von Strömungshindernissen und die zugehörige relative Verteilung der ausströmenden Luftmenge im Vergleich mit dem Flachraum ohne Strömungshindernisse dargestellt. Die Strömungshindernisse selbst wurden aus porösem Material hergestellt, um Ausströmungsgeräusche möglichst gering zu halten. Die Kurven zeigen, daß es durch bewußte Gestaltung der Strömungshindernisse möglich ist, sowohl eine gleichmäßige Luftmengenverteilung zu erzielen als auch die bewußte Über- oder Unterversorgung eines Teilbereiches. Allerdings würde die genaue Dimensionierung den Aufbau eines Strömungsmodells im verkleinerten Maßstab erfordern. In den meisten Fällen scheint aber eine Maßfestlegung nach subjektiver Beurteilung der strömungstechnischen Situation ausreichend zu sein.

Die Bereiche des Dachraumes hinter dem druckseitigen Schalldämpfer sind im oberen Teil von **Bild 8** schematisch gezeichnet. In praktischen Ausführungen können die Verhältnisse noch günstiger sein, wenn an der Oberseite vorhandene Tragekonstruktionen zwischen dem Rohrrahmen mit Mineralfaserplatten ausgefacht werden. Die Kurven im unteren Teil von

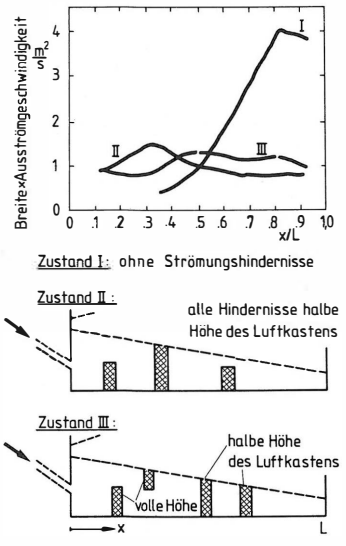


Bild 7

Erzeugung einer möglichst gleichmäßigen Luftausströmung durch gezielte Anordnung von Strömungshindernissen

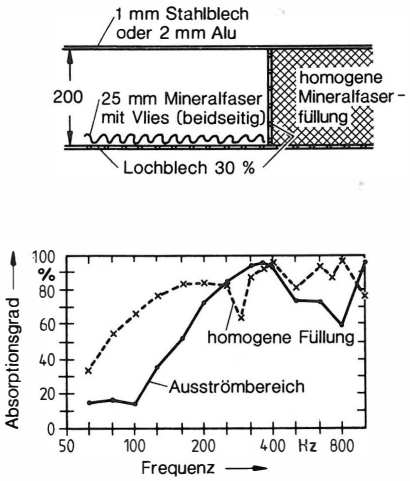


Bild 8
Absorptionsgrad bei senkrechtem Schalleinfall für die verschiedenen Deckenbereiche
(Messungen im Kundtschen Rohr)

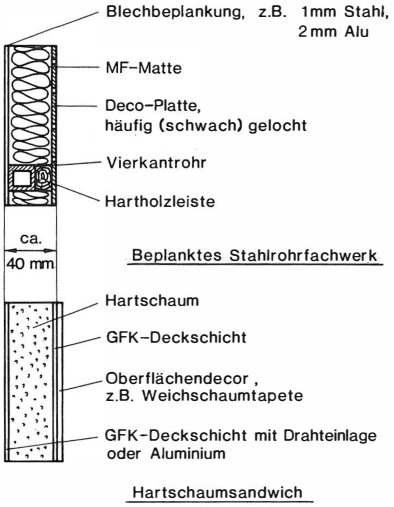


Bild 9
Übliche Wandkonstruktionen für Ü-Wagen

Bild 8 zeigen den Verlauf des Absorptionsgrades für Meßproben, die in ihrem Aufbau im wesentlichen den verschiedenen Deckenbereichen entsprechen. Vergleicht man die Kurve des Absorptionsgrades, die in **Bild 4** für die Wandkonstruktion angegeben ist, so erkennt man, daß der Deckenbereich bei der beschriebenen Luftverteileinrichtung einen notwendigen Beitrag für die Bedämpfung des Abhörraumes bei tiefen Frequenzen leistet.

Außerdem können mit der beschriebenen Anordnung die Luftschallanteile, die von dem Klimagerät in den Innenraum gelangen, gegenüber üblichen Anlagen deutlich verringert werden. Beim Bau mehrerer ähnlicher Ü-Wagen kann sogar aufgrund von Messungen an einer Ausführung durch bewußte Gestaltung der Schalldämpferkammern der Frequenzgang des verbleibenden Geräusches gezielt verändert werden. Der Aufwand zur Erzielung geforderter Werte kann optimiert werden.

4. Schalldämmung der Fahrzeugwand

Nur selten ist es möglich, den Aufstellungsort eines Ü-Wagens so zu wählen, daß akustische Störungen von außen keine Rolle spielen. Andererseits stehen die Forderungen nach geringem Gewicht und geringem Platzbedarf einer hohen Schalldämmung entgegen. Auch die Forderung nach einem hohen Absorptionsgrad der Innenseite der Wandkonstruktion – ohne zusätzliche Konstruktionstiefe – erschwert die Realisierung eines hoch schalldämmenden Wandaufbaus.

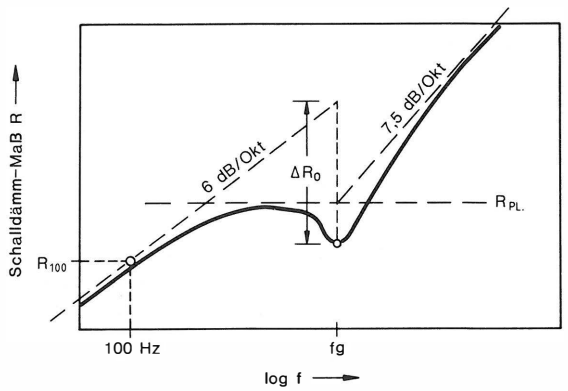
4.1. Übliche Ausführungen von Ü-Wagen-Wänden

Im Karosseriebau sind die in **Bild 9** dargestellten Grundformen für Aufbauten so großer Fahrzeuge, wie sie Ü-Wagen darstellen, üblich. Bei Blechbeplankungen ist eine Grundkonstruktion erforderlich, die zweckmäßigerweise aus Vierkantrohr zusammengeschweißt wird. Die Innenseite wird mit einem Sichtschutz versehen, der auch als dünne Lochplatte ausgebildet werden kann. Die Ausfüllung des Raumes zwischen den Abdeckungen mit Mineralfasermaterial sollte auch aus Gründen der Wärmedämmung vorgesehen werden. Dem gleichen Zweck dient die im oberen Teil von **Bild 9** eingezeichnete Hartholzleiste zur Verringerung der an den Befestigungsstellen entstehenden Kältebrücken.

Einen sehr leichten Wandaufbau, der im wesentlichen ohne eine besondere Tragekonstruktion auskommt, zeigt die untere Darstellung in **Bild 9.** Ein Kern aus leichtem Hartschaum wird von Deckschichten eingeschlossen, die in der Lage sind, Zugkräfte zu übertragen. Diese können aus Alublech oder glasfaserverstärktem Kunststoff bestehen und gegebenenfalls durch einlamellierte Drahtgewebe elektrisch abschirmend und durch entsprechende Oberflächen ansehnlich gestaltet werden. Die Wärmedämmung derartiger Anordnungen ist bei vorgegebener Wanddicke optimal; Kältebrücken existieren praktisch nicht.

4.2. Die Schalldämmung dünner Einfachwände

Die Beurteilung der Schalldämmung verschiedener Wandaufbauten beim fertigen Fahrzeug ist insofern schwierig, als Fenster, Türen und eventuelle Durchführungen ebenfalls Einfluß auf die Schalldurchlässigkeit haben und ihre Einflüsse nur schwer zu trennen sind. Zur Einstufung verschiedener Wandaufbauten wurde deshalb ein Verfahren angewandt, dessen theoretische Grundlagen Cremer [2] bereits 1942 veröffentlicht hat, die von Heckl [3] erweitert und von Gösele [4] mit den Eigenschaften von Wohnungstrennwänden verglichen wurden. Demnach haben dünne Einfachwände den in **Bild 10** gezeigten grundsätzlichen Verlauf des Schalldämm-Maßes: Bei tiefen Frequenzen ist allein die Masse pro Flächeneinheit der Wand für das mit 6 dB pro Frequenzoktave ansteigende Schalldämm-Maß verantwortlich. Bei hohen Frequenzen ergibt sich ein Kurvenzug, der mit 7,5 dB pro Oktave steigt und dessen absolute Lage durch innere Verluste bei der Biegewellenausbreitung bestimmt wird. Dazwischen existiert ein Frequenzbereich mit fast frequenzunabhängiger Schalldämmung, die wiederum von der inneren Dämpfung und von der Grenz- oder Koinzidenzfrequenz abhängt. Das ist die Frequenz, bei der die



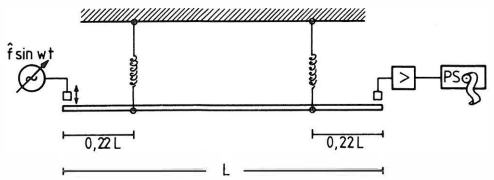
$$R_{Plateau} = (20 \log \frac{\pi \cdot fg \cdot m}{\varrho_0 c_0} - 10 \log \frac{1}{2\eta})dB$$

$$R_{100\ Hz} = (20 \log \frac{\pi \cdot 100 \cdot m}{\varrho_0 c_0} - 3)dB$$

$$\Delta R_0 = (10 \log \frac{l}{\lambda g} + 10 \log \frac{\pi}{4\eta} - 5)dB$$

Bild 10

Frequenzverlauf des Schalldämm-Maßes für dünne Einfachwände



Messen:
Tiefste Eigenfrequenz f_0
Stablänge L
Masse je Flächeneinheit(m)
3 dB - Bandbreite Δf und/oder Nachhallzeit T bei f_0

Rechnen:

$$f_g = 0{,}57 \frac{c}{L \cdot f_0}$$

$$\eta = \frac{\Delta f}{f_0} = \frac{2 \cdot 2}{T \cdot f_0}$$

$$\lambda_g = \frac{c_0}{f_g}$$

mit c_0 = Schallgeschwindigkeit in Luft

Bild 11

Meßtechnische Ermittlung der für die Schalldämmung dünner Einfachwände entscheidenden Eigenschaften

Wellenlänge der Biegewellen in der Wand mit der Wellenlänge der anregenden Luftschallwellen übereinstimmt, bei der also ein Einbruch des Schalldämm-Maßes festzustellen ist.

Bei homogenen Einfachwänden kann man die zur Berechnung der die Schalldämmkurve begrenzenden Geraden notwendigen Werte für die Koinzidenzfrequenz f_g und für den Verlustfaktor η hinreichend genau aus den Materialeigenschaften in Verbindung mit der Plattendicke herleiten. Bei geschichteten Wandaufbauten ist eine Versuchsanordnung hilfreich, wie sie in **Bild 11** gezeigt wird. Ein streifenförmiger Ausschnitt aus der Wand wird möglichst rückwirkungsfrei aufgehängt und über ein lose angekoppeltes System zu Schwingungen angeregt, die berührungslos gemessen und in Abhängigkeit von der Frequenz registriert werden.

Neben den einfach anzugebenden Werten für die Stablänge L und die Masse pro Flächeneinheit (m) ist besonders die Eigenfrequenz f_0 des Stabes von Interesse, bei der zwei Schwingungsknoten in Ab-

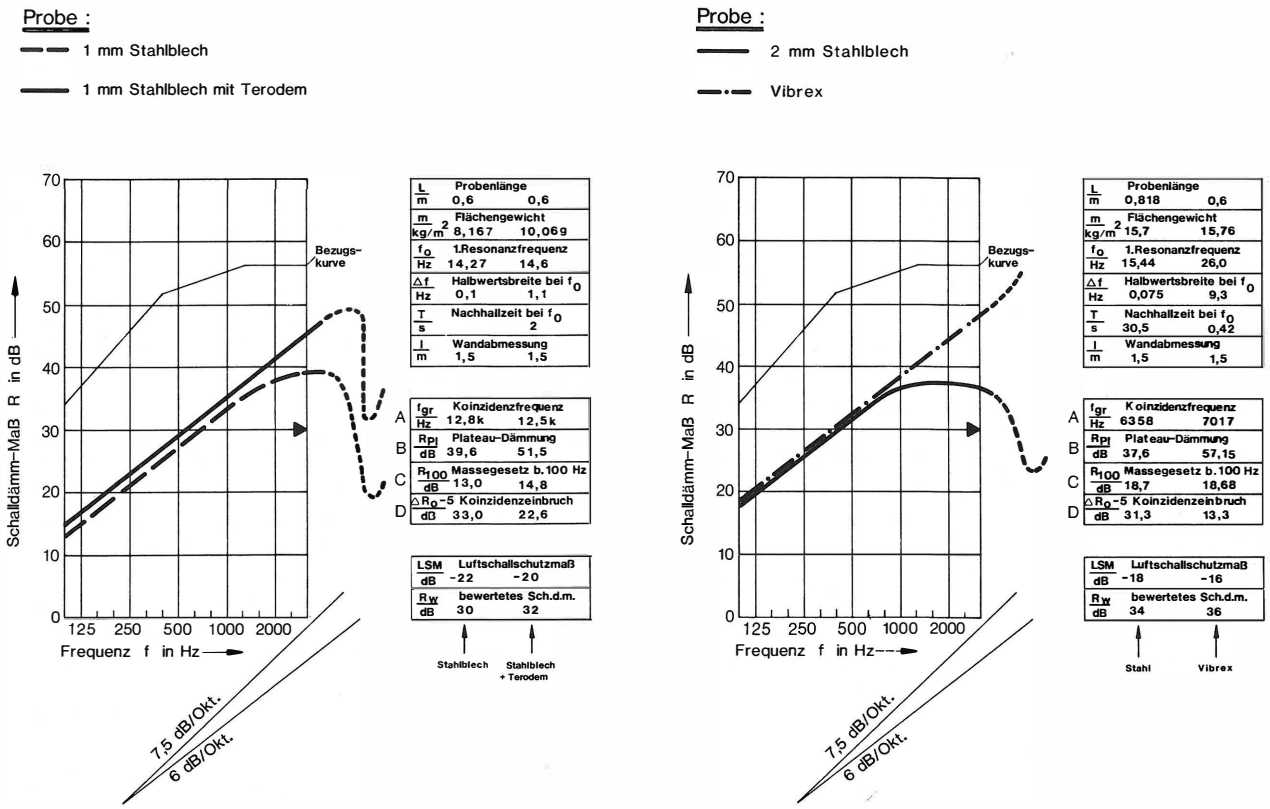


Bild 12

Schalldämmkurve aus Meßwerten am Streifen

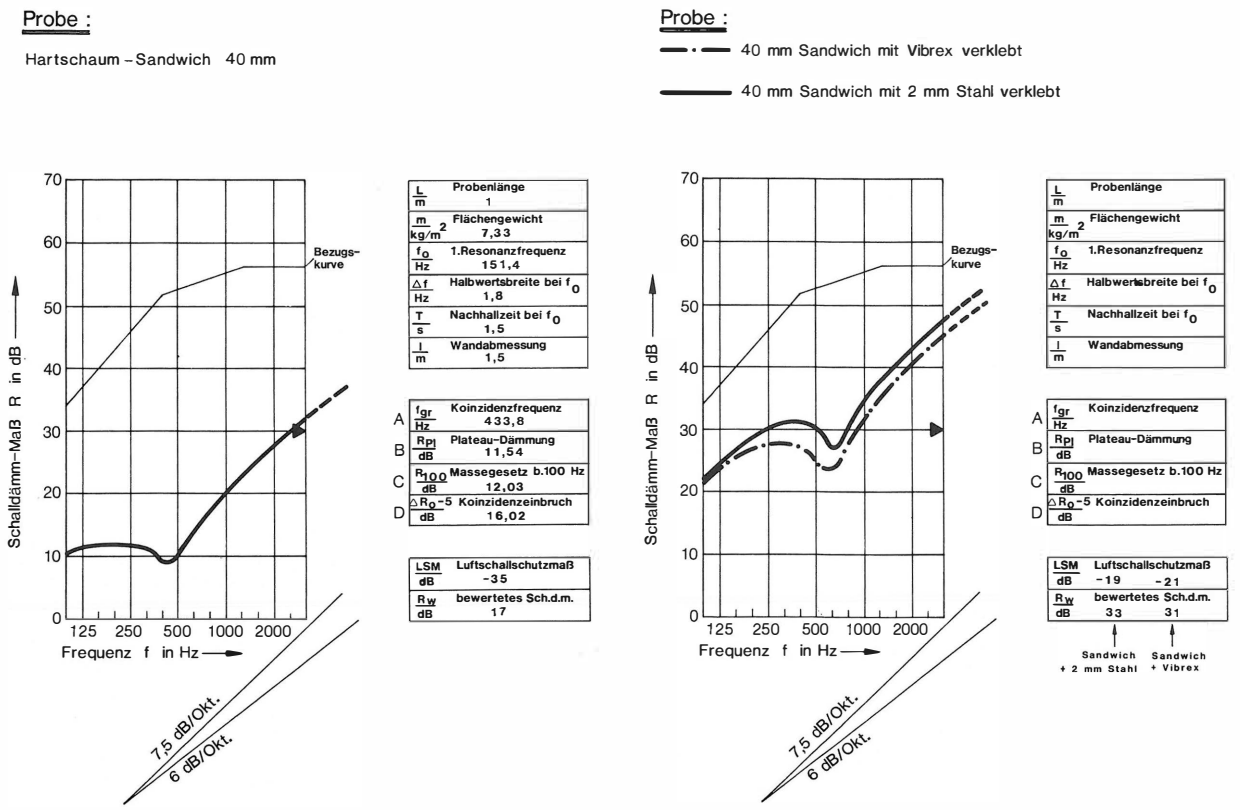


Bild 13
Schalldämmkurve aus Meßwerten am Streifen

ständen von etwa 0,22 L von den Enden und Maximalausschläge in der Mitte und an den Enden existieren. Es muß sichergestellt werden, daß die Eigenfrequenz nicht mit einer aus dem Zusammenspiel zwischen Probestreifen und Aufhängevorrichtung resultierenden Eigenfrequenz verwechselt wird. Das geschieht am sichersten durch Vergleich mit der Folge höherer Eigenfrequenzen. Der Verlustfaktor kann entweder durch die sogenannte 3-dB-Bandbreite oder durch die Nachhallzeit bei der ersten Eigenfrequenz bestimmt werden. Bei sehr verlustarmen Proben ist die Nachhallzeit leichter zu messen, bei stark bedämpften die 3-dB-Bandbreite. Bei einer großen Zahl von Proben sind die Ergebnisse beider Messungen praktisch identisch.

Man kann somit die für das Schalldämm-Maß wesentlichen Eigenschaften der Probe bestimmen, ohne die Eigenschaften der verwendeten Materialien kennen zu müssen. Mit Hilfe eines einfachen Auswerteschemas wurde ermöglicht, mit wenig Aufwand den Verlauf des Schalldämm-Maßes zu bestimmen. Zumindest zur Einstufung verschiedener Varianten eines Wandaufbaus ist dieses Verfahren gut geeignet, weil es wenig aufwendig und praktisch unbeeinflußt von zufälligen Einbausituationen ist. Zur Einstufung der Konstruktionen konnte auf das in der Bauakustik übliche Verfahren des Vergleiches der Kurve des Schalldämm-Maßes mit einer Bezugskurve und das sich daraus ergebende bewertete Schalldämm-Maß R_w zurückgegriffen werden.

4.3. Schalldämm-Maße realisierbarer Wandkonstruktionen

In **Bild 12** ist der aus den Messungen an Probestreifen errechnete Verlauf des Schalldämm-Maßes für Stahlblech von 1 mm und 2 mm Dicke dargestellt, wobei der Frequenzbereich oberhalb 3 bis 4 kHz nur noch gestrichelt angedeutet ist, weil er durch die Berechnung nur ungenau beschrieben wird. Beide Kurven sind im wesentlichen aufgrund der unterschiedlichen Flächengewichte zueinander parallel verschoben, jedoch weist das dickere Blech eine stärkere Abflachung der Frequenzkurve auf. Zum Vergleich sind Kurven für entdröhnte Bleche eingezeichnet. Im Fall des 1-mm-Bleches wurde zur Bedämpfung eine aufgeklebte Bitumenpappe verwendet, das 2-mm-Blech wurde durch eine Anordnung zweier durch ein viskoses Material verbundener dünner Bleche ersetzt. In beiden Fällen wurde die Abflachung der Frequenzkurve praktisch aufgehoben. Dabei zeigt sich das Sandwichblech mit innerer viskoser Schicht als wirkungsvoller.

In **Bild 13** ist der Frequenzgang des Schalldämm-Maßes für eine Wand aus einem Hartschaumsandwich mit GFK-Abdeckungen mit einer Gesamtdicke von etwa 40 mm dargestellt. Die leichte, biegesteife Konstruktion zeigt einen ausgeprägten Koinzidenzeffekt in einem Frequenzbereich in der Nähe von 500 Hz. Wie die eingezeichneten Kurven für Proben mit zusätzlich aufgeklebten Blechen zeigen, kann durch eine Beschwerung das Schalldämm-Maß vergrößert werden. Dabei zeigt sich die Beschichtung mit einfachem Blech unter Berücksichtigung möglicher Fehlerquellen hinsichtlich der Art der Verklebung zumindest als gleichwertig gegenüber der Beschichtung mit dem teureren Spezialblech. Das wird klar, wenn man bedenkt, daß bei inniger Verklebung die neutrale Faser beim Biegen der Gesamtanordnung innerhalb des Hartschaumkernes liegt und da-

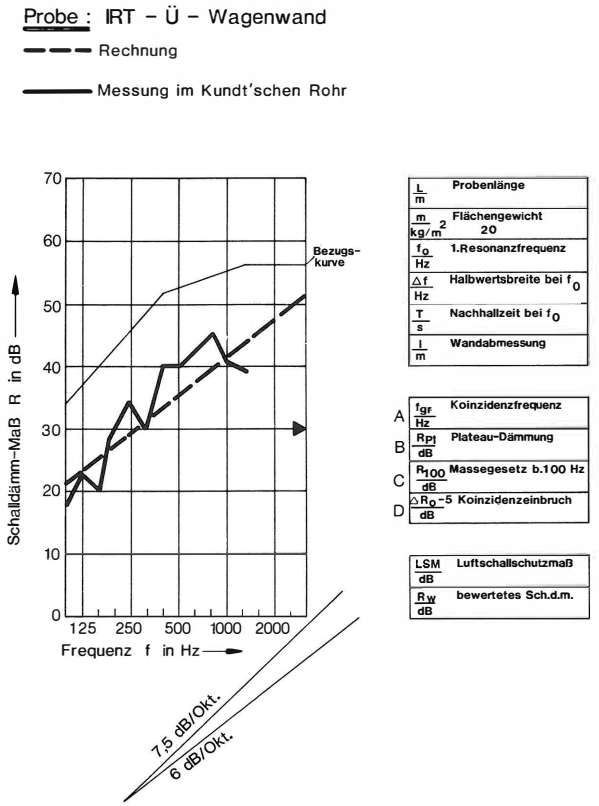


Bild 14
Schalldämmkurve aus Meßwerten am Streifen .

mit das Mehrschichtblech lediglich gestaucht bzw. gestreckt wird. Damit sind die für den Körperschalldämpfungseffekt erforderlichen Relativbewegungen der Blechschichten ausgeschaltet. Es zeigt sich auch, daß durch zwischengeklebte Abstandshalter aus Gummistreifen die Eigenschaften des entdröhnten Bleches wieder voll zum Tragen kommen. Nur in diesem Fall konnte die Kombination aus Hartschaumsandwich und Blech die einfache Blechwand in ihrer Wirkung übertreffen.

Bild 14 zeigt die sich aus dem Gewicht der Wandanordnung nach **Bild 3** ergebende Kurve des Schalldämm-Maßes im Vergleich zu Meßwerten im Kanal an einer 500 mm x 500 mm großen Probe. Diese Werte können von Wänden aus Hartschaumsandwich nur durch zusätzliche Beschwerung und möglichst Körperschallbedämpfung erreicht werden. Weitere Verbesserungen sind ohne Zugeständnisse hinsichtlich Platzbedarf und Gewicht nicht denkbar.

5. Körperschallisolierende Lagerung von Aggregaten

Ü-Wagen enthalten einige zu ihrem Betrieb notwendige Einrichtungen wie Luftkompressoren, Kältemaschinen, Ventilatoren u. a., deren Geräusche nicht nur über Luftschallausbreitung in den Abhörbereich gelangen, sondern sich über die Wagenkonstruktion bis zu den Begrenzungsflächen des Wagens ausbreiten und dort als Störschall abgestrahlt werden. Es muß deshalb versucht werden, die Körperschallanregung des Fahrzeuges möglichst gering zu halten.

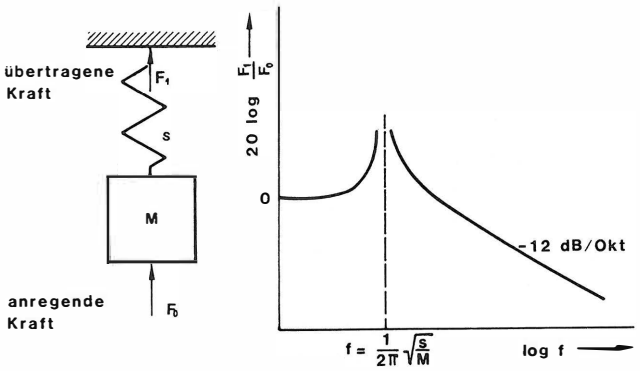


Bild 15
Übertragungsverhalten eines einfachen Masseschwingers

5.1. Elastische Lagerung

Wie aus **Bild 15** zu ersehen ist, überträgt sich eine Wechselkraft F_0, die auf eine Masse M wirkt, bei tiefen Frequenzen – also langsamen Kraftänderungen – auch bei zwischengeschalteter Feder vollständig auf ein als starr angenommenes Fundament. Bei Erhöhung der Frequenz wird ein Bereich erreicht, in dem die weitergeleitete Kraft durch Resonanzüberhöhung größer ist als die anregende. Bei weiterer Steigerung der Frequenz verringert sich der Kraftpegel mit 12 dB pro Frequenzoktave. Berücksichtigt man, daß man die Resonanzfrequenz durch Verringerung der Federsteife s und durch Erhöhung der Masse M herabsetzen kann, ergibt sich ein einfaches Verfahren zur Vermeidung unzulässiger Körperschalleinleitung in das Tragwerk des Fahrzeuges [5].

Leider ist jedoch im vorliegenden Fall eine Voraussetzung für die Kurve in **Bild 15** nicht erfüllt: der Abschluß der Feder ist keineswegs starr. **Bild 16** zeigt schematisch die Befestigung des Klimagerätes an Vierkantrohren im Dachbereich des Fahrzeuges. Ein solches Gitterwerk hat – insbesondere bei mittleren und hohen Frequenzen – selbst eine Fülle von Eigenfrequenzen, die an den Aufhängepunkten je nach Frequenz zu Impedanzen mit Masse- oder Steifecharakter führen. Damit gibt es viele Frequenzbereiche, in denen der zur Schalldämmung erforderliche Impedanzsprung zwischen Feder und Aufhängung fehlt. So erklärt sich die nachmeßbare Tatsache, daß elastische Lagerungen in Fahrzeugen praktisch schon bei einigen hundert Hertz keine nennenswerten Senkungen der Körperschallpegel bringen.

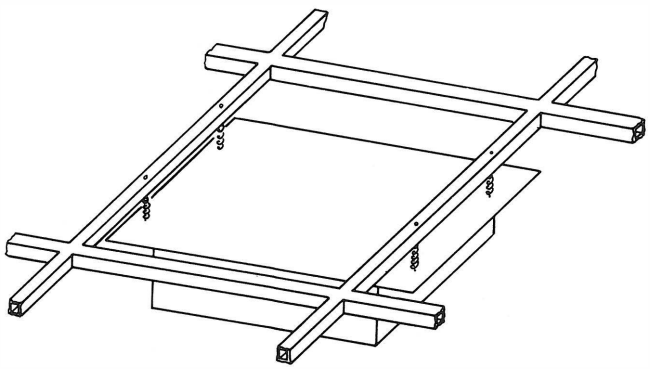


Bild 16
Befestigung des Klimagerätes am Fahrzeug

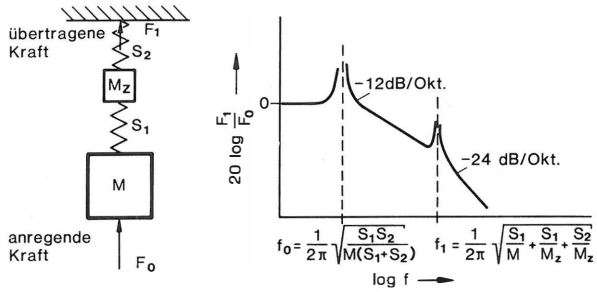


Bild 17
Übertragungsverhalten eines doppelten Masseschwingers

5.2. Doppeltelastische Lagerung

Verbesserungen sind möglich, wenn man sich zur Einbringung von wiederum elastisch gelagerten Zusatzmassen entschließen kann, die für ideale Verhältnisse die in **Bild 17** dargestellte Wirkung haben. Hier gibt es eine zweite Resonanzfrequenz, bei der die Massen gegeneinanderschwingen und oberhalb derer ein Abfall der übertragenen Kraft mit 24 dB pro Frequenzoktave zu berechnen ist. Es kommt darauf an, auch diese Frequenz genügend tief zu legen, was allerdings mit beträchtlichen Zusatzgewichten verbunden ist. Allerdings ist auch hier nicht der volle Gewinn entsprechend der Rechnung zu erwarten, weil zumindest der Übergang von der zweiten Feder auf das Fahrzeuggerüst nicht den Voraussetzungen der Rechnung entspricht. Dafür wird man sich mit einer geringeren Dimensionierung der Zusatzmasse begnügen können; denn es sind in diesem Falle gerade die höheren Frequenzen, bei denen die einfache elastische Lagerung versagt. Rechnungen an einem Beispiel haben gezeigt, daß Zusatzmassen sinnvoll sind, die etwa einem Drittel der Maschinenmasse entsprechen.

6. Schlußbetrachtung

Der Tonbereich von Ü-Wagen bedarf sorgfältiger akustischer Planung und Ausführung. Bei raumakustischen Maßnahmen sollte versucht werden, die nicht durch Geräte oder Bedieneinrichtungen unabdingbar verdeckten Flächen breitbandig absorbierend zu gestalten. Um die Ausbildung ausgeprägter Raummoden bei tiefen Frequenzen zu verringern, sollte der Deckenbereich als Tiefenabsorber verwendet werden. Durch geeignete Gestaltung sind dadurch die Funktionen der Klimatisierung und der Beleuchtung nicht behindert. Außerdem kann erreicht werden, daß die in den Raum gelangenden Klimageräusche abgesenkt werden. Die Schalldämmung der Wände muß insbesondere bei Ausführungen aus Hartschaumsandwich durch Beschwerungen verbessert werden. Beim Anbringen von Aggregaten mit zu hohem Körperschallpegel erscheint das Einbringen von abgefederten Zwischenmassen angebracht.

SCHRIFTTUM

[1] Cremer, L.; Müller, H. A.: Die wissenschaftlichen Grundlagen der Raumakustik. Band II: Wellentheoretische Raumakustik. S. Hirzel Verlag, Stuttgart 1976, S. 224.

[2] Cremer, L.: Theorie der Schalldämmung dünner Wände bei schrägem Einfall. Akust. Z. 7 (1942), S. 81.

[3] Heckl, M.: Die Schalldämmung von homogenen Einfachwänden endlicher Fläche. Acustica 10 (1960), S. 98 bis 108.

[4] Gösele, K.: Zur Luftschalldämmung von einschaligen Wänden und Decken. Acustica 20 (1968), S. 334 bis 342.

[5] Reichardt, W.: Grundlagen der Technischen Akustik. Akademische Verlagsgesellschaft Geest und Portig K.-G., Leipzig, S. 128.

DIE DISKUSSION UM DAS ZUKÜNFTIGE AUFZEICHNUNGSFORMAT FÜR DIGITALE VIDEOSIGNALE — EINE BESTANDSAUFNAHME[1]

VON WERNER HABERMANN[2]

Manuskript eingegangen am 26. Oktober 1982

Digitale Magnetbandaufzeichnung

Zusammenfassung

Mit der Empfehlung des digitalen Studio-Interface-Standards durch das CCIR ist die Basis gelegt für die Entwicklung eines Aufzeichnungsformates für digitalisierte Videosignale. Die Diskussion hierüber ist in Arbeitsgruppen der SMPTE und der UER bereits im Gange und hat zu einer Meinungsbildung über die für die wichtigsten Formatparameter geltenden Grenzwerte geführt. Es zeigt sich, daß damit der Spielraum für Variationen sehr eingeengt ist und das mechanische Spurbild in wesentlichen Größen bereits festliegt. Unklar ist dagegen noch die letztlich auf das Band aufzuzeichnende Datenrate, die Verteilung der Daten auf die Spuren und ihre Anordnung innerhalb der Spur, alles eng verknüpft mit der Wahl des Kanalcodes und des Fehlerschutzes für Bild und Begleitton. Besondere Beachtung bei der Festlegung des Formates verdienen die Voraussetzungen, die hinsichtlich der Kompatibilität von mit halber Bitrate arbeitenden Aufzeichnungsgeräten gegeben sind.

Summary **The discussion of the future recording format for digital video signals — The present situation**

The CCIR Recommendation defining the standard for the digital studio interface lays the foundation for the development of a recording format for digitalised video signals. Discussions on this subject are already in progress in the working parties of the SMPTE and of the EBU and have given rise to a formation of opinion regarding limit values applying to the most important parameters of the format. It is apparent that this considerably restricts the margin for variations and the essential values for the mechanical track layout are already fixed. On the other hand, there still remain to be clarified the data rate finally to be recorded on the tape, the distribution of the data on the tracks and their arrangement within the track, all of which being closely linked with the choice of the channel code and of the error protection for the vision and the ambient sound. In determining the format, particular attention should be paid to the conditions arising as regards the compatibility of recording equipment working with half bit-rate.

Sommaire **Etat des discussions sur le futur format d'enregistrement vidéo numérique**

L'Avis du CCIR définissant la norme d'interface numérique pour studio fournit les données de base pour l'élaboration d'un format d'enrigistrement de signaux vidéo numériques. Des discussions en cours à ce sujet au sein des groupes de travail de la SMPTE et de l'UER ont déjà permis de dégager une opinion sur les valeurs limites à adopter pour les caractéristiques principales du format. Il apparaît que la possibilité de variations est ainsi fort réduite et que la disposition mécanique des pistes est déjà déterminée dans ses grandes lignes. Par contre, il reste encore à préciser le débit final des données à enregistrer sur la bande, ainsi que la répartition des données sur les pistes et la façon de les disposer, tous ces éléments étant étroitement liés au choix du code de voie et du système de protection contre les erreurs pour l'image et le son d'ambiance. En définissant le format, il faut particulièrement tenir compte des conditions que pose la compatibilité de magnétoscopes fonctionnant avec un débit binaire moitié moindre.

1. Der CCIR-Standard für das digitale Studio-Interface

Die Festlegung der wichtigsten Parameter eines digitalen Studio-Interface-Standards seitens des CCIR Anfang 1982 [1] muß im Zusammenhang mit der Vorgeschichte gesehen werden. Die ersten Versuche, ein Videosignal binär zu zerlegen, wurden mit PAL- und NTSC-Signalen durchgeführt. Es steht außer Zweifel, daß hierbei der Wirkungsgrad aus zu übertragender Datenmenge und erzielbarer Qualität sehr günstig war und durch das Mittel der Sub-Nyquist-Abtastung mit zweifacher Farbträgerfrequenz noch erhöht werden konnte: Die zu verarbeitenden Bitraten lagen mit etwa 70 Mbit/s in einem Bereich, der, wie Versuche bewiesen, auch einer direkten magnetischen Aufzeichnung durchaus zugänglich schien. (Wie noch im folgenden ausgeführt werden wird, beträgt die maximale, über einen Kopf und in einem Kanal zu übertragende Datenrate rund 80 bis 100 Mbit/s.) Bald jedoch mehrten sich die Stimmen, die eine getrennte Bearbeitung von Helligkeit und Farbe bevorzugten und somit das Prinzip der Komponentencodierung unterstützten. Neben der zu erwartenden besseren Bildqualität war der Gedanke einer Abkehr von den konventionellen Signalformen NTSC, PAL und SECAM hin zu einem gemeinsamen, kompatiblen Standard verlockend. Die Einigung auf Abtastraten von 12 MHz für die Helligkeit und je 4 MHz für die Farbe – mit einem dem physiologischen Empfinden angepaßten Bandbreitenverhältnis von 3 : 1 für Luminanz/Chrominanz und einer noch beherrschbaren Bitrate von 160 Mbit/s – war nahezu perfekt. Für die Aufzeichnung erwartete man keine unüberwindlichen Probleme: Wenn auch nicht mehr einkanalig, in zwei parallelen Kanälen ließen sich je 80 Mbit/s sicher übertragen. Die Hoffnungen wurden jedoch schnell zunichte gemacht durch den Vorstoß der SMPTE, mit dem eine wesentlich höhere Qualität eines zukünftigen Studiosignals als Reserve für die im Produktionsprozeß immer mehr

---

[1] Überarbeitetes Manuskript eines Vortrages, gehalten auf der 10. Jahrestagung der Fernseh- und Kinotechnischen Gesellschaft (FKTG) in München, 13. bis 17. September 1982.

Dieser Aufsatz erscheint zugleich in Engl./Franz. in der E.B.U. Rev. Tech./Rev. de l'U.E.R. Tech. Nr. 198 (April 1983).

This article is published simultaneously in English in the E.B.U. Rev. Tech. No. 198 (April 1983).

Cet article est publié simultanément en français dans la Rev. de l'U.E.R. Tech. N° 198 (Avril 1983).

[2] Dipl.-Ing. Werner Habermann ist stellvertretender Leiter des Fachbereichs Studiotechnik Fernsehen im Institut für Rundfunktechnik, München.

an Bedeutung gewinnende Nachbearbeitung gefordert wurde. Mag sein, daß man in Europa zu sehr auf die Produktionsgewohnheiten mancher amerikanischer Studios Rücksicht genommen hat, als man sich durch die Zustimmung zu diesen Ideen bereit erklärt hat, die für eine zweikanalige Aufzeichnung als Grenzwert geltende Bitrate von 200 Mbit/s zu überschreiten und damit als zwangsläufige Folge kompliziertes und teureres Gerät in Kauf zu nehmen. Man glaubte jedoch, diesen Schritt durch die damit mögliche weltweite Einigung auf einen Studiostandard rechtfertigen zu können.

Es ist gerade die magnetische Signalaufzeichnung, bei der durch die hohe Bitrate die physikalischen Grenzen erreicht werden. Zwar kann man prinzipiell jeden noch so großen Bitstrom elektronisch in viele parallele Kanäle aufteilen und so verarbeiten. In der Aufzeichnungsanlage bedeutet dies jedoch komplizierte Mechanik, hohen Bandverbrauch, schwer realisierbare Kopfanordnung und hohe Aufzeichnungsdichte. Man muß heute feststellen, daß das Problem „Aufzeichnung" in der Diskussionsphase dieses „Bitraten-Exzesses" von den Initiatoren und auch von gleichgesinnten Herstellern bewußt heruntergespielt wurde, um eventuelle Bedenken zu beseitigen: „Alles ist machbar". Heute, nach der Festlegung des digitalen Studiostandards, stellt sich die Sachlage etwas nüchterner dar: Die digitale Videosignalaufzeichnung, deren Vorhandensein die wesentliche Voraussetzung für die Existenz eines digitalen Fernsehstudios ist, ist zum Prüfstein für die Anwendbarkeit des digitalen Studio-Interface-Standards in der Praxis geworden.

Die wesentlichen Größen dieses vom CCIR empfohlenen, sogenannten 4/2/2-Standards sind in **Tabelle 1** angegeben. Die genannte Bruttobitrate von 216 Mbit/s ergibt sich bei Abtastung eines herkömmlichen, in Echtzeit übertragenen Videosignals. In Anbetracht der begrenzten Übertragungskapazität wird man jedoch irrelevante Signalanteile nicht aufzeichnen: Horizontal- und Vertikalaustastung sind dem Fernsehsignal nur eingefügt, um die für den Strahlrücklauf im Empfänger notwendige Zeit zu schaffen. Ihr zeitlicher Ablauf liegt genau fest und kann jederzeit neu generiert werden. Das Farbsynchronsignal ist für eine Komponentencodierung nicht mehr notwendig. Der Zeitpunkt von Bild- und Zeilensynchronisation kann jeweils durch ein einziges, binäres Synchronwort gegeben werden. Deshalb kann für die Berechnung der aufzuzeichnenden Bitrate vom „aktiven" Teil von Zeile und Bild ausgegangen werden. Die dabei resultierenden Nettobitraten unterscheiden sich für amerikanische und europäische Fernsehnorm nur wenig. Einer besonderen Erwähnung bedürfen die heute in der Vertikalaustastung übertragenen Prüf- und Datensignale: Erstere haben nur auf analogen Strecken einen Sinn. Es ist deshalb angebracht, vor der Digitalisierung das Signal mit ihrer Hilfe optimal analog zu entzerren, so daß auf die Weiterleitung von Prüfzeilen in digitaler Form verzichtet werden kann. Binäre Datensignale (Datenzeilen, Videotext) werden, soweit sie einen digitalen Kanal durchlaufen müssen, nicht als analoger Signalverlauf quantisiert, sondern in der üblichen Bitrate mit entsprechendem Fehlerschutz binär codiert. Im Rahmen dessen, was bei der UER als mögliche Zusatzsignale angesehen wird, glaubt man, mit einer Kapazität von etwa 2 Mbit/s entsprechend drei zusätzlichen Fernsehzeilen pro Halbbild auskommen zu können, so daß für die Bitrate des Quellensignals maximal 170 Mbit/s anzusetzen sind.

Fernsehstandard	525/60	625/50
Abtastfrequenz		
Helligkeit	13,5 MHz	
Farbe	6,75 MHz	
Bit pro Abtastwert	8	
Bruttobitrate	216 Mbit/s	
Abtastungen pro akt. Zeile		
Helligkeit Y	720	1440
Farbe U, V	2 × 360	
Akt. Zeilen pro Bild	485	575
Nettobitrate	168 Mbit/s	166 Mbit/s

Tabelle 1

2. Kenngrößen für ein digitales Aufzeichnungsformat

Im folgenden soll zunächst versucht werden, die für ein Aufzeichnungsformat wichtigen Parameter zu definieren und die zwischen ihnen geltenden mathematisch-geometrischen Beziehungen anzugeben. Da sie alle voneinander abhängig sind, kann nur ein Teil frei gewählt werden. Durch die gegenseitige Beeinflussung treten jedoch bald Beschränkungen auf oder es ergibt sich die Notwendigkeit der Optimierung. Obwohl die mathematischen Funktionen einfacher, linearer Natur sind, ist es wegen der Vielzahl der Parameter schwer, sich einen Überblick zu verschaffen. Mit Hilfe eines Nomogramms kann eine anschauliche und für eine Entscheidungsfindung hilfreiche Darstellung der Verhältnisse gegeben werden.

Als unabhängige oder durch externe Vorgaben bestimmte Parameter werden zweckmäßig gewählt:

- Die aufzuzeichnende Bitrate D in Mbit/s; sie setzt sich zusammen aus der Bitrate des Bild- und Ton-Quellensignals (sofern an die gemeinsame Aufzeichnung von Bild- und Tondaten in einer Spur gedacht wird) und den Zusatzdaten; ferner aus einem eventuellen „Bitüberhang", der sich durch die Anwendung eines Blockcodes (siehe Abschnitt **6.**) ergibt, aus dem Fehlerschutz, der Synchroninformation und dem „Bitäquivalent" von Leerstellen in der Spur, wie sie z. B. zur Trennung zwischen Bild- und Tonaufzeichnung gebraucht werden. Die letztere Komponente hat natürlich nur einen Einfluß auf das Spurbild; für die

wendern ein Aufzeichnungsformat zu schaffen, das trotz der als Ausgangsprodukt des Studios noch gegebenen analogen Signale unterschiedlicher Fernsehstandards eine mechanisch und möglichst auch elektrisch konforme und damit rationelle Auslegung von Aufzeichnungsanlagen erlaubt. In den dort geführten Diskussionen, soweit sie den Sitzungsprotokollen zu entnehmen sind, wurden für die oben genannten Parameter Minimal-, Maximal- und Optimalwerte angegeben, welche die Variationsmöglichkeiten des zukünftigen Formats recht eng erscheinen lassen. Dabei sind die „Grenzen" nicht nur als im physikalischen oder technologischen Sinn gegeben zu verstehen. Oft sind es die betrieblichen, an eine digitale Aufzeichnungsanlage gestellten Forderungen – z. B. Standbild, Zeitlupe –, die in ihrer Gesamtheit den an sich technisch gegebenen Freiraum einschränken.

Da wäre zunächst die Frage der maximal zulässigen Aufzeichnungsdichte, die eigentlich eine Frage des Bandmaterials ist. Neben den herkömmlichen Magnetschichtmaterialien Eisenoxid und Chromdioxid ist in der letzten Zeit das hochkoerzitive Metallband [3] in der Form des Metallschichtbandes (Schichtdicke 4 μm) und des im Vakuum auf den Träger aufgedampften Metallfilmes (Filmdicke 0,1 μm) in die Diskussion gekommen. Vor allem die erwarteten ausgezeichneten Eigenschaften des letzteren bei kurzen Aufzeichnungswellenlängen – der bei üblichen Schichtdicken auftretende magnetische Kurzschluß innerhalb der Schicht wird hier weitgehend vermieden – haben die heute zur Debatte stehenden Bitraten überhaupt erst in den Bereich des Möglichen rücken lassen. Leider hat es den Anschein, daß man auch hier etwas zu voreilig war. Zwar haben Versuche mit einer linearen Aufzeichnungsdichte von 4 bit/μm rund 15 dB mehr Spannungsausbeute gegenüber Eisenoxidschichtbändern gebracht, wobei man glaubt, daß durch Verfeinerung des Aufdampfverfahrens die Homogenität des Filmes und damit die guten Eigenschaften noch verbessert werden könnten. Die technologischen Probleme haben jedoch bislang kein praktisch verwendbares Material entstehen lassen: Der Metallfilm ist empfindlich gegen mechanische Beschädigung, deren Wahrscheinlichkeit durch die geringen Spurbreiten, den festen Kopf/Bandkontakt und den daraus resultierenden großen Flächendruck zwischen Kopf und Band noch erhöht ist. Die durchschnittliche Drop-out-Zahl ist so um den Faktor 100 höher; nach Durchlaufen eines Minimums bei etwa 10 Durchläufen steigt sie stark an, während bisherige Bandmaterialien über längere Zeit einigermaßen konstante Werte liefern. Eine weitere Instabilität liegt in der Korrosion, der die metallische Oberfläche ausgesetzt ist. Der Zeitraum bis zum Vorliegen eines für die Videoaufzeichnung geeigneten, fertigungsreifen Metallbandes wird mit drei bis vier Jahren angegeben.

Ein weiteres Schlagwort, das in die Debatte geworfen wurde, ist das von der „vertikalen Aufzeichnung". Werden anisotrop magnetische Materialien so als Magnetschicht auf den Träger aufgebracht, daß ihre Vorzugsrichtung senkrecht zur Bandoberfläche liegt, so tragen im wesentlichen nur die senkrecht aus dem Magnetkopf austretenden Kraftlinien zur Magnetisierung bei. Die Elementarmagnete in der Schicht liegen senkrecht; die laterale und longitudinale Entmagnetisierung ist zumindest für kurze Wellenlängen vermindert. Die hier erreichbaren Aufzeichnungsdichten werden mit 8 bit/μm genannt.

Bei all diesen noch angekündigten Verfeinerungen muß man allerdings berücksichtigen, daß Staubpartikel auf dem Band sich nicht in gleichem Maße verkleinern lassen wie die aufgezeichneten Wellenlängen: Staubfreie Umgebung, Aufbewahrung in Kassetten, ständige Reinigung während der Verwendung sind fast unausweichliche Forderungen.

So ist es nicht verwunderlich, daß die jetzt gemachten Überlegungen nur von der Existenz herkömmlicher Bandmaterialien ausgehen. Mit ihnen erscheint eine lineare Aufzeichnungsdichte von 2 bit/μm realisierbar, die auch für die weiteren Betrachtungen angenommen wird.

Der zweite Parameter ist die aufzuzeichnende Datenrate. Wie im vorhergehenden erläutert, sind als Nettobitrate des quantisierten Quellensignals 170 Mbit/s zu erwarten. Zur Anpassung des Spektralverhaltens an die Übertragungscharakteristik der Aufzeichnungsanlage, zum Fehlerschutz (Fehlererkennung und Fehlerkorrektur) und als Synchronisationsrahmen ist der Bitstrom zu vergrößern. Über die Menge der zusätzlich erforderlichen Bits ist man sich noch nicht einig; sie ist abhängig von der verwendeten Codierung und Modulation sowie von der Fehlerhäufigkeit. Die Angaben über die zusätzlich erforderlichen Bitraten schwanken zwischen 13 % und gut 20 % der Nettobitrate, was im letzteren Fall zu etwa 205 Mbit/s führt. Allem Anschein nach wird auch der Begleitton (mindestens 4 unabhängige Kanäle) durch die rotierenden Köpfe aufgezeichnet werden. Mit einer Abtastrate von 48 kHz, 16-Bit-Quantisierung und 4 Kanälen resultieren zusätzliche 3 Mbit/s. Der Fehlerschutz des Tonsignals muß wegen der fehlenden Redundanz im Signal selbst wesentlich umfangreicher ausgelegt werden: Eine Erhöhung der Bitrate um 100 % auf 6 Mbit/s ist deshalb durchaus angemessen. Außerdem erwägt man für die Tonsignale eine verringerte Aufzeichnungsdichte, was zwar an der übertragenen Datenmenge nichts verändert, den Platzbedarf auf dem Band jedoch vergrößert und somit bei der Abschätzung des Spurbildes als weitere Erhöhung der Bitrate in Ansatz gebracht werden muß. Das gleiche gilt für aufzeichnungsfreie Spurbereiche zwischen der Video- und der Tonaufzeichnung und auch zwischen den Aufzeichnungsblöcken der einzelnen Tonkanäle, falls diese sequentiell an den Videobereich einer Spur anschließend aufgezeichnet werden. Diese Zwischenräume sind nötig, um eine getrennte Bearbeitung des Videokanals und jedes Tonkanals zu ermöglichen. Für jeden Millimeter Zwischenraum ist, abhängig von Aufzeichnungsdichte und Spurrate, eine Bitrate von $\delta \times S \times 10^{-10}$ Mbit/s hinzuzurechnen (für $\delta = 2$ bit/μm, $S = 600$ ergeben sich 1,2 Mbit/s zusätzliche Übertragungsrate pro Millimeter Zwischenraum).

Es ist einzusehen, daß zum gegenwärtigen Zeitpunkt eine genaue Festlegung der aufzuzeichnenden Bitrate nicht möglich ist. Präzise Vorstellungen über Ausmaß des Fehlerschutzes, verwendete Modulation und Codierung, sinnvolle Aufteilung und Anordnung

der Daten innerhalb der Spur wären Voraussetzung und sind noch nicht vorhanden. Man kann jedoch annehmen, daß ein Wert von 200 Mbit/s als untere Grenze realistisch ist und daß als oberer Grenzwert 220 Mbit/s für das Spurbild in Frage kommt, wobei als „echte" maximale Datenrate 210 bis 215 Mbit/s anzusetzen ist.

Für die Kopf/Bandgeschwindigkeit liegt das Optimum, bei dem sich die günstigsten Störabstandswerte erzielen lassen (abhängig von der Übertragungscharakteristik des Kopfes und des Wiedergabeverstärkers), bei etwa 20 bis 40 m/s. Ab 50 m/s tritt neben mechanisch bedingten Fehlern wie Veränderungen des Kopf/Bandkontaktes erhöhte Materialbeanspruchung (Erhitzung!) auf, die zu stärkerer Kopfabnutzung und -verschmutzung führt, so daß dieser Wert als derzeit äußerster Grenzwert betrachtet werden sollte.

Als letzter Parameter – wenn auch vielleicht als wichtigster, da er allein das für den Bandaustausch maßgebende Spurbild zusammen mit Spurabstand und -winkel bestimmt – sei die Spurlänge erwähnt. Auch für sie gilt ein oberer, empirisch gegebener Grenzwert: Die Länge sollte 20 cm nicht überschreiten, da anderenfalls die von den mechanischen Eigenschaften (Steifigkeit) und Toleranzen (Genauigkeit der Schnittkante) des Magnetbandes abhängige Spurhaltung, vor allem in den Sonderbetriebsarten „Standbild" und „Zeitlupe", schwieriger wird.

Trägt man die vorstehend erwähnten Grenzwerte in das Nomogramm in **Bild 1** ein (punktierte Flächen), so zeigt sich, daß (im ersten Quadranten) mit 300 Spuren pro Sekunde bei den gegebenen Bitraten keine brauchbaren Spurlängen zu erzielen sind. Im dritten Quadranten wird deutlich, daß deswegen 75 und 100 Umdrehungen pro Sekunde nicht verwendbar sind, daß aber außerdem Umdrehungszahlen $\geqq 300$ Umdrehungen pro Sekunde – die schon aus mechanischen Gründen nicht anzustreben sind – im „erlaubten" Kopf/Bandgeschwindigkeitsbereich zu sehr kleinen Trommeldurchmessern führen. Damit liegt auch die Spurrate 1200 Spuren pro Sekunde außerhalb der Diskussion und es verbleiben als anwendbare Kombinationen

U/s	Spuren/s	n_K
150	600	4
200	600	3
225	900	4

Diese kleine Auswahl läßt sich noch weiter einschränken, wenn man die Zahl der Kopftrommelumdrehungen pro Halbbild berücksichtigt: 150 Umdrehungen pro Sekunde bedeuten bei 50 Halbbildern 3, bei 60 Halbbildern 2,5 Umdrehungen pro Halbbild. Im letzteren Fall ergeben sich in aufeinanderfolgen-

Bitrate in Mbit/s	220		110	
Spurrate in Spuren/s	600		300	
Aufzeichnungsdichte in bit/μm	2		2	
Kopfzahl	4		2	
Drehzahl in U/s	150		150	
Aufzeichnungsbreite in cm	2,05		2,05	
Umschlingungswinkel	240°	270°	240°	270°
Spurganghöhe in μm	42		42,12	42,13
Spurlänge in cm stat.	18,33		18,33	
dyn.	18,43	18,45	18,38	18,39
Spurwinkel stat.	6°25′12″		6°25′12″	
dyn.	6°23′6″	6°22′51″	6°24′9″	6°24′1″
Trommeldurchmesser in cm	8,75	7,78	8,75	7,78
Kopfgeschwindigkeit in m/s	41,25	36,67	41,25	36,67
Bandgeschwindigkeit in cm/s	22,66	22,68	11,33	11,34
Expansion	3 : 8	1 : 3	3 : 4	2 : 3

Tabelle 2

den Halbbildern unterschiedliche Phasenlagen der Kopftrommel; gleiche Phasenlagen wiederholen sich erst mit der Periode entsprechend einer Vollbilddauer. 200 Umdrehungen pro Sekunde liefern bei 60 Halbbildern $3^1/_3$ Umdrehungen pro Halbbild und somit eine Periode von 3 Halbbildern, 225 Umdrehungen pro Sekunde $3^3/_4$ Umdrehungen pro Halbbild und eine Periode von 4 Halbbildern, während aus 50 Halbbildern $4^1/_2$ Umdrehungen pro Halbbild und damit eine Vollbildperiodendauer resultieren. Nur durch 300 ohne Rest teilbare Umdrehungszahlen besitzen diesen Nachteil nicht; sie aber scheiden aus den bereits oben erwähnten Gründen aus.

Mit den genannten Voraussetzungen kann deshalb nur ein Format, basierend auf einer Kopftrommel mit vier Köpfen und 150 Umdrehungen pro Sekunde (entsprechend 600 Spuren pro Sekunde), praktische Anwendung finden.

4. Ein Formatvorschlag

Wenn man auf der Grundlage der gemachten Vorgaben versucht, einen Formatvorschlag zu entwikkeln und seine „Ortskurve" in das Nomogramm einzutragen (ausgezogene Rechteckfigur in **Bild 1**), so sieht man, daß der einzige verbleibende Freiheitsgrad der Umschlingungswinkel α ist. Ausgehend von $\delta = 2$ bit/μm und $D = 220$ Mbit/s entsprechend $D/\delta = 110$ m/s führt ein Winkel $\alpha < 240°$ zu Kopf/Bandgeschwindigkeiten, die den Optimalbereich < 40 m/s überschreiten und sich dem Grenzwert 50 m/s nähern. Umschlingungswinkel zwischen 240° und 270° (punktierte Linien in **Bild 1**) führen zu akzeptablen Kopf/Bandgeschwindigkeiten, wobei man beachten muß, daß nicht jeder dazwischenliegende Winkel einen leicht realisierbaren Expansionsfaktor ergibt. In **Tabelle 2** (mittlere Spalte) sind die charakteristischen Zahlenwerte dieses Vorschlags zusammengestellt; **Bild 2** zeigt u. a. schematisch die Unterteilung der Bitmenge eines Halbbildes entsprechend der gewählten Spurrate und die Aufteilung auf die einzelnen Köpfe bei gleichzeitiger Expansion. Keinesfalls als konkreter Schaltungsvorschlag, sondern zur Demonstration des notwendigen Speicheraufwands ist dabei eine „reale" Bitrate von 216 Mbit/s angenommen, was zu einer Speicherkapazität in jedem der vier zur Expandierung verwendeten Zwischenspeicher führt, die der von $5^1/_2$ 64k-RAM-Speichern entspricht.

In der Tabelle wurde eine Spurganghöhe von etwa 42 μm angenommen, die sich aufteilt in 30 μm Spurbreite – die derzeit angegebenen Werte schwanken zwischen 20 μm und 40 μm, als Minimum wurden experimentell 13 μm erreicht – und einen Rasen von 12 μm. Die Breite des Rasens hängt ab von der Anwendung des Azimutverfahrens – der Technik der abwechselnd gegenläufigen Spaltschrägstellung aufeinanderfolgender Köpfe zur Vermeidung des Übersprechens von benachbarten Spuren. Ohne Azimutverfahren sind 10 bis 15 μm Spurabstand im Gespräch; mit ihm lassen sich die Spuren ohne Abstand oder mit nur geringem Abstand (5 μm) schreiben. Azimutaufzeichnung vermindert das hochfrequente Übersprechen, ist dagegen ohne Wirkung auf das niederfrequente. Durch entsprechende Auswahl der aufgezeichneten Codierung und Modulation mit ausgeprägtem Maximum in der spektralen Zusammensetzung läßt sich das Verhalten in positivem Sinne beeinflussen. Ob man die Azimutaufzeichnung wegen der besseren Bandausnutzung anwenden wird, ist noch nicht sicher, da sich bei lateral nachgeführten bewegten Köpfen (Zeitlupenwiedergabe) Winkelverstellungen ergeben können. Mit Azimutaufzeichnung ließe sich die Ganghöhe im Beispiel auf 35 μm reduzieren, wodurch sich eine Bandgeschwindigkeit von knapp 19 cm/s ergeben würde.

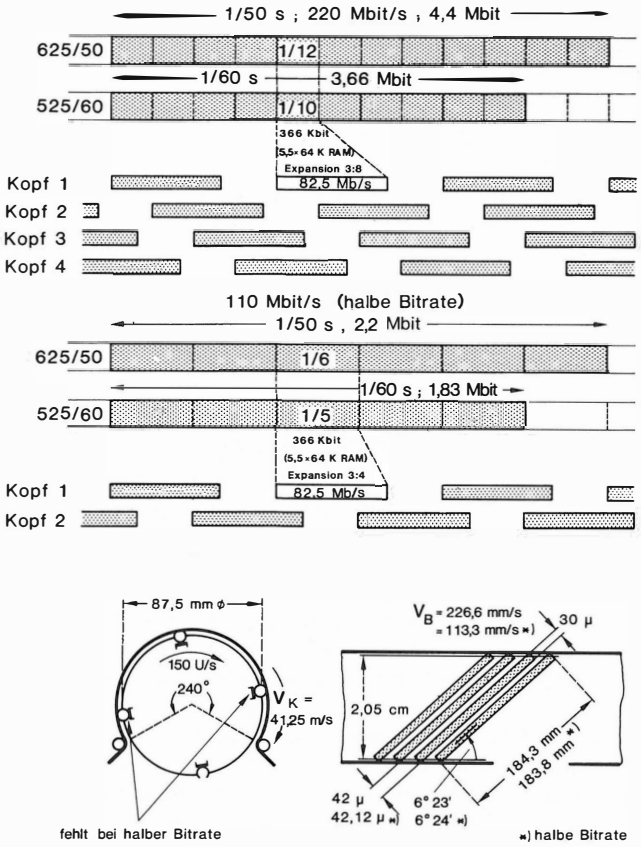


Bild 2

Schematische Darstellung des Formatvorschlags nach Tabelle 2 für $\alpha = 240°$

Aus der schematischen Darstellung des Formatvorschlags in **Bild 2** wird auch die bei 150 Umdrehungen pro Sekunde gegebene Zahl von 2,5 Kopfumdrehungen pro Halbbild im 525/60-Fernsehstandard deutlich. Eine ganze Zahl von Umdrehungen ließe sich erreichen, wenn man gleich der bei 625/50 benutzten Unterteilung 12 Spuren pro Halbbild, also eine Spurrate von 720 Spuren pro Sekunde wählt. Ohne Veränderung der sonstigen mechanischen Voraussetzungen ergeben sich so mit vier Köpfen 180 Umdrehungen pro Sekunde und eine hohe Kopf/Bandgeschwindigkeit von 50 m/s, die allerdings teilweise kompensiert wird durch eine niedrigere Aufzeichnungsdichte von 1,66 bit/μm. Die Bandgeschwindigkeit wird ebenfalls um den Faktor 1,2 auf 27 cm/s erhöht, was sich durch einen um den gleichen Faktor verringerten Spurabstand wieder zurücknehmen läßt. Auch eine Verkleinerung der Spurbreite wäre möglich, ohne daß der Störabstand (der u. a. abhän-

gig ist vom Verhältnis $\sqrt{\text{Spurbreite}}$/Aufzeichnungsdichte [2]) deswegen schlechter wird. Letzteres würde allerdings den Austausch der Kopfeinheit bedingen. Die Verwendung unterschiedlicher Spurraten in den beiden Fernsehstandards stößt jedoch auf Ablehnung, weil

- die in einem der Fernsehstandards notwendige höhere Kopf/Bandgeschwindigkeit dort eine schnellere Kopfabnutzung zur Folge hat und
- die geringere Aufzeichnungsdichte wahrscheinlich eine veränderte Fehlerschutzstrategie mit entsprechenden Eingriffen in die Elektronik erfordert.

5. Aufzeichnung von digitalen Bildsignalen mit halber Bitrate

Das Ein- und Ausgangssignal einer zukünftigen digitalen Aufzeichnungsanlage ist entsprechend der eingangs erwähnten CCIR-Empfehlung anzusetzen. Dieses Prinzip wird von seiten der UER im Statement D 37-1982 [4] nachdrücklich vertreten. In einer zusätzlichen Presseverlautbarung wird darauf hingewiesen, daß als Ersatz der heutigen hochgezüchteten analogen Maschinen nur ein Gerät von Interesse ist, dessen Ein- und Ausgangssignale dem allgemein akzeptierten Komponentenstandard entsprechen. Dies ist als Warnung an die Industrie zu verstehen, vorzeitig mit untereinander nichtkompatiblen Formaten auf den Markt zu kommen, um schnell den vorhandenen Bedarf an digitaler Qualitätsreserve in konventioneller analoger Umgebung abzudecken.

In den USA, von wo letztlich der Anstoß zu einem Studio-Interface-Standard höherer Bitrate gekommen ist, scheinen heute die Meinungen dagegen geteilt. Es hat sich bei einem Teil der zukünftigen Anwender die Erkenntnis durchgesetzt, daß man dabei ist, zukünftig bei jeder Einzelinvestition einen hohen Preis zu zahlen, damit relativ selten auftretende Forderungen großer Produktionsbetriebe abgedeckt werden können, was nicht im Interesse der vielen kleinen privaten amerikanischen Rundfunkgesellschaften liegt. In der noch auf lange Sicht vorherrschenden analogen Studiotechnik würde ein digital aufgezeichnetes NTSC-Signal für 85 % der Anwendungsfälle völlig ausreichen. Man hat versucht, die Komplexität der verschiedenen in der Diskussion befindlichen Aufzeichnungsprinzipien in den Parametern Bild- und Tonsignalverarbeitung, Fehlersicherung, Bandtransport, Kopfanordnung und -antrieb usw. abzuschätzen. Nimmt man dabei die Komplexität einer Anlage mit 68 Mbit/s (Abtastrate 3 × NTSC-Farbträger, 8 Bit pro Abtastwert) mit 100 % an, so ist die Komplexität einer Maschine mit 129 Mbit/s (4 × NTSC-Farbträger, 9 Bit) mit 120 bis 130 % anzusetzen, während sich für eine YUV-Komponentenaufzeichnung mit 216 Mbit/s 160 bis 170 % ergeben. Der daraus resultierende hohe Entwicklungsaufwand wird eine mehrjährige Verzögerung bedingen, während die digitale Aufzeichnung eines codierten FBAS-Signals relativ kurzfristig zu lösen wäre und so den wesentlichen Vorteil der Digitaltechnik, die Unempfindlichkeit gegen Rauschen, bald verfügbar machen würde.

So sehr dieser Standpunkt verständlich ist, so wenig ist er dem Vorhaben eines beabsichtigten einheitlichen Aufzeichnungsformates zuträglich, da jedes Format, dem es erst einmal gelingt, einen ausreichenden Marktanteil zu bekommen, auf viele Jahre hinaus in der Anwendung bleiben und somit die ursprüngliche Absicht blockieren wird. Insofern sind die Bestrebungen zu begrüßen, einen vom Studio-Interface-Standard abgeleiteten und wieder leicht dorthin zu überführenden Unterstandard mit halber Bitrate (108 Mbit/s, „lower level") vorzuschlagen, auf dem basierend dann unter erleichterten Bedingungen ein Aufzeichnungsformat festgelegt und bald realisiert werden könnte. Es sind folgende Verfahren mit halber Bitrate in der Diskussion, die allerdings hinsichtlich der damit erreichbaren Bildqualität unterschiedlich sind (in Klammern die Abtastraten in MHz jeweils für Y, U und V):

2 : 1 : 1	(6,75; 3,38; 3,38)
3 : 1/2 : 1/2	(10,13; 1,69; 1,69)
3 : 1	(10,13; 3,38; U, V zeilensequentiell).

Es erhebt sich hier die Frage, wie man die erleichterten Bedingungen der Variante „halbe Bitrate" am zweckmäßigsten einsetzt. Sieht man das Ganze unter dem Aspekt einer beschleunigten Entwicklung einer digitalen Aufzeichnungsanlage, so wird man die verringerte Bitrate sinnvoll ummünzen in verringerte Aufzeichnungsdichte und kleinere Kopf/Bandgeschwindigkeit – die beiden Merkmale, die verantwortlich sind für Störabstand, Fehlerrate, Empfindlichkeit gegen Staub, mechanische Abtastprobleme –, also für die Faktoren, die man heute noch nicht so ganz im Griff zu haben glaubt. Das Resultat ist ein Format, dessen Parameter und Eigenschaften in vielen Punkten von dem eines später folgenden, dem Studio-Interface-Standard entsprechenden Formats abweichen werden. Eine damit arbeitende Aufzeichnungsanlage wird, vielleicht mit Ausnahme einer etwas kleineren Kopftrommel und geringfügig verringerten Platzbedarfs für Elektronik, in den Abmessungen einer Anlage für volle Bitrate entsprechen. Vor allem bleibt die Spurrate und damit der Bandverbrauch sowie die Kopfzahl unverändert. Ein unter diesen Gesichtspunkten entwickeltes Zahlenbeispiel, von dessen Richtigkeit man sich leicht durch Eintragen der Werte in das Nomogramm überzeugen kann, soll dies verdeutlichen:

Bitrate	110 Mbit/s
Spurrate	600 Spuren/s
Aufzeichnungsdichte	**1,33 bit/μm**
Kopfzahl	4
Umschlingungswinkel	240°
Spurlänge	13,75 cm
Kopftrommeldrehzahl	150 Umdrehungen/s
Kopftrommeldurchmesser	6,57 cm
Kopf/Bandgeschwindigkeit	**31 m/s**
Expansion	3 : 8

Sieht man dagegen in einer Aufzeichnungsanlage für halbe Bitrate nicht einen Vorläufer, sondern eine Ergänzung einer gleichzeitig verfügbaren hochwertigen Produktionsmaschine voller Bitrate, so steht die Kompatibilität mit dieser bei kleineren Abmessungen im Vordergrund. Kompatibilität setzt voraus: gleiche Spurlänge, gleiche Aufzeichnungsbreite, glei-

cher Trommeldurchmesser; kleinere Abmessungen lassen sich am ehesten durch die Verringerung der Spurrate auf 300 Spuren pro Sekunde erzielen, was wegen der geringeren Bitrate möglich ist und zu halbierter Bandvorschubgeschwindigkeit, damit kleineren Bandspulen bei gleicher Spielzeit und kleineren Abmessungen des Bandtransports führt. Ein so geartetes Beispiel ist in das Nomogramm (**Bild 1**, gestrichelte Linie) eingezeichnet; die zugehörige schematische Darstellung ist in **Bild 2** enthalten, die Zahlenwerte sind in der rechten Spalte der **Tabelle 2** eingetragen. Diese Formatvariante bringt keinerlei Vorteile hinsichtlich Aufzeichnungsdichte und Kopf/Bandgeschwindigkeit; die Forderungen nach Staubfreiheit im Betrieb vor allem transportabler Geräte wären also unvermindert hoch. Dagegen bietet sich die Möglichkeit, Aufzeichnungen halber Bitrate problemlos auf Maschinen für volle Bitrate herzustellen und abzuspielen, nachdem zwei der vier Köpfe abgeschaltet, die Bandgeschwindigkeit halbiert und der Expansionsfaktor verdoppelt wurden. Es ließen sich so die Qualitätsreserven der vollen Bitrate für die Herstellung von Produktionen nutzen, während ohne zusätzliche Investitionen das Endprodukt bei einer noch besseren Qualität als der des PAL-Signals mit halber Bitrate platzsparend auf Magnetband gespeichert und archiviert werden könnte.

Die Entscheidung, welcher der beiden hier skizzierten Wege gegangen werden soll, wird sicher Konsequenzen zeigen. Der erste Weg würde eine schnellere Realisierung ermöglichen, aber die Entwicklung einer Produktionsmaschine verzögern und ihre Einführung erschweren. Der zweite Weg wird sicher einen längeren Anlauf erfordern, aber auf lange Sicht die sinnvollere Lösung darstellen.

6. Kanalmodulation, Kanalcode, Fehlerschutz

Die einfachste binäre Modulationsart ist NRZ (non-return-to-zero). Sie besitzt jedoch eine für die Magnetbandaufzeichnung ungünstige spektrale Verteilung, einen hohen Anteil von Komponenten niedriger Frequenz und einen je nach Zusammensetzung des modulierenden Signals variierenden Gleichstromanteil, der durch die differenzierenden Eigenschaften des Magnetkopfes bei der Wiedergabe vom Band unterdrückt wird und so durch Signalverformung die Lesbarkeit verringert. Außerdem ist diese Modulationsart polaritätsempfindlich. Der erste Versuch zur Verbesserung der NRZ-Modulation bestand in der Verwendung eines speziellen 10,8-Blockcodes, dem „5 aus 10"-Blockcode [5], dessen 10-Bit-Worte so ausgewählt sind, daß sie in sich keine Gleichstromkomponente besitzen. Jedes dieser Worte wird einem 8-Bit-Wort des Eingangssignals zugeordnet, wodurch sich eine um 25 % höhere Bitrate ergibt. In **Bild 3** ist die auf die Bitfolgefrequenz f_T bezogene spektrale Leistungsdichte dieser Codierung über der normierten Frequenz f/f_T als gestrichelter Verlauf eingetragen. Man erkennt deutlich den typischen langsamen Abfall der NRZ-Modulation bei hohen Frequenzen, der aber durch die angewandte Blockcodierung niederfrequent eine steile Begrenzung zeigt.

Im Zusammenhang mit der Azimutaufzeichnung wurde bereits darauf hingewiesen, daß eine sehr erwünschte Eigenschaft einer Modulation die eng begrenzte Spektralverteilung der Signalenergie wäre. In dieser Hinsicht sind spezielle Modulationen wie die Miller- und vor allem die gleichstromfreie M^2-Modulation (**Bild 3,** ausgezogene Kurve, [6]) der NRZ-Modulation überlegen; sie sind zudem polaritätsunempfindlich. Wegen des geringen niederfrequenten Anteils benötigen sie keine Blockcodierung und auch keine erhöhte Bitrate; ihr Signalverlauf erfordert allerdings eine um 25 % größere Übertragungsbandbreite, wenn eine ausreichende Lesbarkeit sichergestellt werden soll. Eine ähnliche Charakteristik und ähnliche Eigenschaften besitzt der NRZ-modulierte „8 aus 16"-Blockcode [7], dessen 16-Bit-Worte mit doppelter Folgefrequenz übertragen werden, dessen Bitfolgen jedoch so gewählt sind, daß trotzdem auch hier eine um 25 % vergrößerte Übertragungsbandbreite ausreicht (**Bild 3**, punktierter Verlauf).

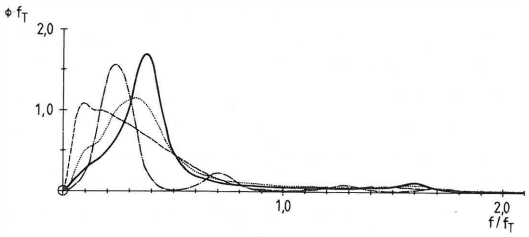


Bild 3

Spektrale Leistungsdichten einiger Codierungen und Modulationen

- — — — „5 aus 10"-Blockcode
- ——— M^2-Modulation
- ····· „8 aus 16"-Blockcode
- —·—·— Bipolarmodulation 2. Ordnung mit 10,8-max.1-Blockcode

Eine Sonderform stellen ternäre (dreipegelige) Modulationen dar. Man muß sich im klaren darüber sein, daß jedes vom Band induktiv abgenommene Signal zunächst ternär ist und durch zusätzliche Maßnahmen (im einfachsten Fall eine Integration) wieder in ein binäres Signal überführt wird. Was läge also näher als zu versuchen, direkt das angebotene ternäre Signal auszuwerten, das a priori als differenziertes Signal auch gleichstromfrei ist. Hierfür in Frage kommende Modulationsarten sind die Bipolarmodulationen erster und zweiter Ordnung, von denen vor allem die zweite einen immer idealeren Spektralverlauf zeigt, je größer die Wahrscheinlichkeit des Binärzustands „logisch 1" im Eingangssignal ist. Durch Anwendung eines Blockcodes kann dies erzwungen werden [8]. **Bild 3** zeigt in der strichpunktierten Kurve den Verlauf der Leistungsdichte eines 10,8-Blockcodes, dessen Worte so gewählt sind, daß der Binärzustand „1" möglichst häufig (hier mit der Wahrscheinlichkeit 0,7) auftritt und die der Bipolarmodulation zweiter Ordnung unterworfen wurden. Die Bitrate ist auch hier um 25 % vergrößert; außerdem ergeben ternäre Modulationen eine etwa 1000fach größere Fehlerwahrscheinlichkeit bei gleichem Störabstand als binäre, so daß sie nur dann eingesetzt werden können, wenn eben der Störabstand ausreichend gut ist.

In Anbetracht des recht beengten Übertragungskanals einer digitalen Videoaufzeichnungsanlage zeigt sich in jüngster Zeit eine neue Philosophie bei

der Auswahl eines geeigneten Kanalcodes: Die Bitrate sollte auf das unbedingt notwendige Minimum beschränkt bleiben; sie sollte keinesfalls erhöht werden, um die spektralen Eigenschaften der verwendeten Modulation zu verbessern. So ist z. B. eine bekannte Methode zur Unterdrückung niederfrequenter Komponenten der NRZ-Modulation das „Verwürfeln" (Scrambling [9]) von Sequenzen des gleichen Binärwertes mit quasi-willkürlichen Impulsfolgen ohne Veränderung der Bitrate. Andere Verfahren verwenden dafür die systematischen Eigenschaften im Videosignal selbst: Aus der Erkenntnis, daß die Amplitude benachbarter Bildpunkte mit großer Wahrscheinlichkeit nur einen geringen Unterschied zeigt, läßt sich eine Zuordnung von im Amplitudenwert benachbarten 8-Bit-Worten des Quellensignals zu 8-Bit-Kanalcodeworten finden, die entsprechend der Häufigkeit des Auftretens der beiden Binärwerte „0" und „1" geordnet sind. Werden diese Worte abwechselnd komplementär gesendet, so resultieren ebenfalls eine Unterdrückung des Gleichstromanteils und kleinere niederfrequente Komponenten – NRZ-ASE (**A**dapted **S**pectral **E**nergy)-Codierung [10].

Eng verknüpft mit der Wahl einer Codierung ist der Fehlerschutz. Der bei Blockcodes zugefügte „Bitüberschuß" erlaubt wegen der kleinen Zahl „erlaubter" Bitkombinationen und der im Vergleich dazu großen Zahl „verbotener" Worte eine wirksame Fehlererkennung. Dies ist nicht der Fall bei 8,8-Codierungen wie dem NRZ-ASE-Code, der deshalb um einen Fehlerschutz zu erweitern ist, dessen zusätzliche Datenrate mit etwas über 10 % angegeben wird.

Grundsätzlich ist bei der Fehlerstruktur zu unterscheiden zwischen den durch Rauschen statistisch verursachten Einzelbitfehlern und den durch zu geringen Kopf/Bandkontakt (Drop-outs) erzeugten Serienfehlern, die zweckmäßig durch eine von ihrer ursprünglichen zeitlichen Reihenfolge abweichende Anordnung der Einzelbits innerhalb der Spur (shuffling) in Einzelbitfehler „aufgebrochen" werden. Einzelbitfehler lassen sich durch eine echte Fehlerkorrektur beseitigen. Allerdings zeigen Korrekturen die Eigenschaft, bei Überschreiten einer bestimmten Fehlerhäufigkeit abrupt auszusetzen, weswegen man eine „Fehlerverdeckung" (concealment) zusätzlich oder sogar ausschließlich anwenden wird. Verdeckung bedeutet Ersatz eines als fehlerhaft erkannten Wortes durch ein im Bild örtlich benachbartes oder durch einen aus mehreren benachbarten Worten gebildeten Mittelwert und führt mit steigender Fehlerhäufigkeit zu einer stetigen Qualitätsverschlechterung.

Der früher oft geäußerte Wunsch der „Transparenz" der digitalen Aufzeichnungen (das bedeutet: Qualität des Eingangssignals gleich der des Ausgangssignals) wird deshalb ein Wunschtraum bleiben. Der heute geltende Maßstab besagt, daß bei der 10. Generation die Qualitätsverschlechterung maximal 0,5 Grad auf der sogenannten „impairment scale" betragen soll.

7. Folgerungen und weiteres Vorgehen

Der Verlauf der Diskussion um ein zukünftiges Aufzeichnungsformat für digitalisierte Videosignale ist an einem Punkt angelangt, wo ein Rückblick, eine Wertung des Erarbeiteten und ein Überdenken des weiteren Weges erfolgen müßte. Die von den Vertretern von Herstellern und Anwendern in den entsprechenden Gremien der UER und der SMPTE gemachten Angaben über die das Format bestimmenden Parameter schränken den auf den ersten Blick vorhandenen großen Spielraum sehr stark ein und ergeben nur wenige Freiheitsgrade. Man hat viel über die Parameter des Spurbildes diskutiert. Steht man zu den gemachten Angaben, so liegt das Spurbild in wesentlichen Punkten fest. Zwei Merkmale sind noch unsicher: Welche Aufzeichnungsdichte soll man im Hinblick auf zukünftige Entwicklungen ansetzen und wie groß ist eigentlich die aufzuzeichnende Bitrate?

Zur ersten Frage eine Antwort zu geben, ist einfach: Man geht heute von möglichen 2 bit/μm aus in der Erkenntnis, daß dies zum gegenwärtigen Zeitpunkt einen Grenzwert darstellt und keine Sicherheitsreserve beinhaltet. Wäre es also nicht angebracht, diesen Wert festzuschreiben und alle wie auch immer gearteten kommenden Verbesserungen in eine Vergrößerung der Sicherheitsreserve zu stecken?

Was dagegen die Bitrate anbetrifft, so müßte hier die weitere Diskussion ansetzen. Man kann schlecht ein Resultat erzielen, wenn die Voraussetzungen nicht klar sind. Und das Bitratenproblem bietet die meisten Unklarheiten, da es die Bereiche Modulation, Codierung, Fehlererkennung und Fehlerkorrektur mit einschließt. Liegt die Bitmenge fest, dann könnte ihre Aufteilung auf die in ihrer Zahl bereits gegebenen Köpfe und Spuren erfolgen. Der Anordnung der Tonsignale ist dabei eine besondere Beachtung zu schenken, ebenso dem Problem der Aufzeichnung mit halber Bitrate. Alles in allem: Man sollte versuchen, die Diskussion um ein erstes, in der Theorie erarbeitetes, aber praktisch realisierbar erscheinendes Konzept möglichst rasch zu beenden. Die Realisierung selbst und die dann vielleicht notwendigen Korrekturen an den ursprünglichen Vorstellungen werden noch genügend Zeit in Anpruch nehmen.

SCHRIFTTUM

[1] CCIR: Encoding parameters of digital television for studios. Rec. 601, XVth Plenary Assembly, Geneva 1982, Vol. XI — Part 1: Broadcasting Service (Television). Hrsg. v. d. UIT, Genf 1982.

[2] Yoshida, H.; Eguchi, T.: Consideration in the choice of a digital VTR format. SMPTE J. **91** (1982), S. 622 bis 626.

[3] Ozuwa, K.; Eguchi, T.: Recent developments in tape technology for the digital VTR. Mitteilung der Firma Sony, Japan.

[4] EBU: EBU Members' policy on digital video tape recording. Technical Statement D 37, 1st edition. Hrsg. v. d. Tech. Zentrale der UER, Brüssel 1982.

[5] Baldwin, J. L. E.: Recording PAL-signals in digital form. Proc. of the IEE, Vol. 125 (1978), No. 6, S. 606 bis 610.

[6] Mallinson, J. C.; Miller, J. W.: Optimal codes for digital magnetic recording. The Radio and Electronic Eng. **47** (1977), S. 172 bis 176.

[7] Artigalas, M.: 8/16: A new channel code for magnetic digital recording. Symposium Records of the 12th International Television Symposium, Montreux 1981.

[8] Habermann, W.: Kanalcodierung und Kanalmodulation für die magnetische Aufzeichnung digitalisierter Videosignale. Tech. Ber. Nr. B 39. Hrsg. v. IRT, München 1982.

[9] Nakagawa, S. et al.: PCM video recording using a rotating magnetic sheet. Symposium Records of the 11th International Television Symposium, Montreux 1979.

[10] Heitmann, J. K. R.: An analytical approach to the standardization of digital videotape recorders. SMPTE J. **91** (1982), S. 229 bis 232.

DAS PANEUROPÄISCHE PROGRAMMEXPERIMENT ÜBER DEN „ORBITAL TEST SATELLITE" (OTS)

VON WOLFGANG WEINLEIN[1]

Manuskript eingegangen am 31. Januar 1983 Satellitentechnik

Zusammenfassung

Im Auftrage der ARD führte der SWF vom 22. bis 28. November 1982 ein europäisches Programmexperiment über den „Orbital Test Satellite" (OTS) durch. Der Aufsatz gibt einen Überblick über die technischen Parameter des OTS sowie der verwendeten Erdefunkstelle. Die bei dem Experiment eingesetzten Techniken werden beschrieben und analysiert. Ausführlich wird auf die während der Satellitensendungen durchgeführten Prüfzeilenmessungen und deren Auswertungen eingegangen.

Summary **The pan-European programme experiment using the „Orbital Test Satellite" (OTS)**

The SWF, on behalf of the ARD, carried out from 22nd to 28th November, 1982, a European programme experiment by way of the Orbital Test Satellite (OTS). The article summarises the technical parameters of the OTS, as well as the earth station utilised. The techniques used in the experiment are described and analysed. The insertion-test-signal measurements carried out during the satellite transmission and their evaluation are discussed in detail.

Sommaire **Programme européen expérimental utilisant le satellite OTS**

Le SWF a réalisé du 22 au 28 novembre 1982, pour le compte de l'ARD, une expérience de programme européen au moyen du satellite OTS. L'article présente rapidement les caractéristiques de l'OTS et de la station terrienne utilisée. Les techniques employées dans l'expérience sont décrites et analysées. Les mesures réalisées sur les signaux d'insertion pendant les émissions et l'évaluation des résultats sont examinées en détail.

1. Einleitung

Auf Initiative des Europäischen Parlaments führte die Union der Europäischen Rundfunkorganisationen (UER) 1982 in insgesamt fünf Testwochen ein Programmexperiment über den Nachrichtensatelliten OTS durch. Dieses Experiment diente ausschließlich dem Test und der Demonstration verschiedener Programmformen für einen denkbaren künftigen europäischen Fernsehdienst. An den Tests beteiligten sich 15 Organisationen der europäischen Rundfunkunion; fünf dieser Organisationen übernahmen es, je eine Testwoche durchzuführen, und zwar:

IBA (Großbritannien) im Mai 1982,

RAI (Italien) im Juli 1982,

ORF (Österreich) im September 1982,

NOS (Niederlande) im Oktober 1982 und

ARD (Bundesrepublik) im November 1982.

Für diese Testwochen stand der OTS täglich fünf bis sechs Stunden zur Verfügung. Alle an dem Experiment beteiligten Organisationen konnten zu diesen nichtöffentlichen Versuchssendungen Programmbeiträge zuliefern, die von der jeweiligen, mit der Abwicklung beauftragten Organisation präsentiert und zum Satelliten gesendet wurden. Empfangen, beobachtet und ausgewertet wurden die Beiträge außer von der jeweils sendenden Organisation auch von den übrigen beteiligten Mitgliedsorganisationen der UER. Die ARD beauftragte den Südwestfunk in Baden-Baden mit der organisatorischen Abwicklung und Übertragung der Sendungen für die fünfte Programmwoche (22. bis 28. November 1982).

Außer in Baden-Baden wurden die Satellitenübertragungen in der Bundesrepublik noch beim Norddeutschen Rundfunk in Hamburg und beim Institut für Rundfunktechnik in München empfangen.

2. Der Satellit OTS

OTS 2 wurde im Auftrag der ESA[2] von einem europäischen Industriekonsortium entwickelt, gebaut und mit einer Thor-Delta-Trägerrakete vom Raketengelände in Cape Kennedy am 11. Mai 1978 in seine geostationäre Umlaufbahn gebracht (OTS 1 stürzte 1977 bei einem mißglückten Startversuch ab). OTS 2 ist ein experimentelles, regionales Punkt-zu-Punkt-Fernmeldesatelliten-System für Westeuropa zur Demonstration der Übertragung breitbandiger Informationen mittels kleiner Erdefunkstellen, der Verteilung von Fernsehprogrammen und zur Erprobung von neuen Übertragungstechniken. Der OTS dient als Testsystem für das 1983 zu startende operationelle ECS[3]-System. Die Tests mit dem OTS, die nahezu abgeschlossen sind, werden von der Interim Eutelsat, einer von der CEPT[4]-Verwaltung gegründeten Organisation, die für das Raumsegment des Satelliten verantwortlich ist, koordiniert und kontrolliert. In den vergangenen Jahren wurde von der UER in Zusammenarbeit mit der Eutelsat eine große Serie von technischen Übertragungsversuchen und Messungen durchgeführt. Den Quasi-Abschluß dieser technischen Testserie bildete das eingangs beschriebene paneuropäische Programmexperiment. Derzeit wird der OTS bereits für kommerzielle Übertragungen eingesetzt.

---

[1] Dipl.-Ing. Wolfgang Weinlein ist leitender Ingenieur in der Technischen Direktion beim Südwestfunk, Baden-Baden.

[2] ESA = European Space Agency.

[3] ECS = European Communication Satellite.

[4] CEPT = Conférence Européenne des Administrations des Postes et des Télécommunications.

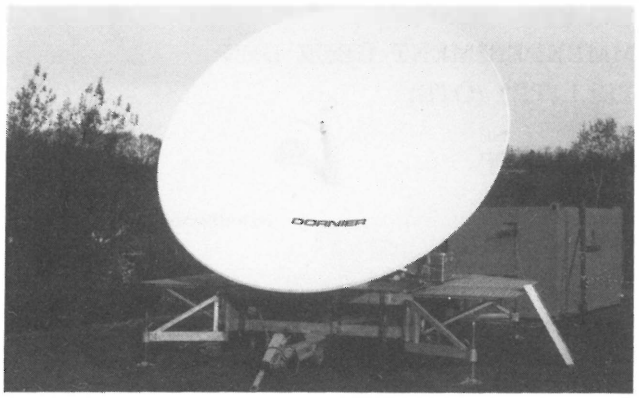


Bild 1
Erdefunkstelle der DBP in Baden-Baden

Die Position des Satelliten im geostationären Orbit betrug ursprünglich 10° Ost, in der Zwischenzeit wurde er, um für das Nachfolgesystem Platz zu schaffen, auf 5 ° östlicher Länge positioniert. Der Satellit befindet sich in etwa 36 000 km Höhe über dem Äquator und hat eine Umlaufzeit von 23 Stunden, 56 Minuten und 4 Sekunden (Sternzeit), was einer Kreisbahngeschwindigkeit von rund 11 000 km/h entspricht. Die Überwachung und Bahnkontrolle des Satelliten wird vom ESOC[5] in Darmstadt vorgenommen. Zur Beibehaltung seiner Orbitposition mit einer Genauigkeit von ± 0,1° (± 70 km) erfolgt in einem Zyklus von mehreren Wochen – ferngesteuert von der Bodenstation – eine Feinkorrektur mittels eines Bordmotors. Eine Lagekontrolle (Ausrichtung der Antenne) führt der Satellit permanent automatisch selbständig aus.

Das Startgewicht des OTS betrug etwa 900 kg, das reine Satellitengewicht liegt bei 370 kg, seine Maße sind 2 m x 2 m bei einer „Spannweite" über die Sonnenpaddel (Solarzellen) von 8,6 m. Als Lebenszeit (Betriebszeit) sind fünf Jahre vorgesehen. Die Solarzellen erzeugen eine Leistung von rund 600 W (50 V Gleichspannung) zur Versorgung der insgesamt vier Haupttransponder (Empfangs-Sendeumsetzer). Während der Eklipse (Schattenphase), die maximal 72 Minuten (zweimal jährlich) beträgt, sorgen aufladbare Batterien für die Stromversorgung, die für den Betrieb der wichtigsten Funktionen und für den Betrieb von zwei Transpondern ausreicht. Die für Fernsehübertragungen benutzten Transponder 4 bzw. $\overline{4}$ haben eine Bandbreite von je 120 MHz und strahlen entgegengesetzt polarisiert. Sie speisen die Sendeantenne mit einer Leistung von je etwa 20 W. Eine mit dieser Leistung beaufschlagte Parabolsendeantenne strahlt eine äquivalente isotrope Leistung (e.i.r.p.) von etwa 45 dBW (entspricht rund 30 kW) ab und versorgt das sogenannte „Spotbeam"-Gebiet. Der OTS-„Spotbeam" leuchtet eine Kreisfläche aus, die in etwa von den Längengraden 7° West und 17° Ost und den Meridianen 37° Nord und 62° Nord tangiert wird. Die Mittenfrequenz des den „Spotbeam" erzeugenden Sendekanals liegt bei 11,640 GHz.

Das Frequenzband für die Aufwärtskanäle liegt zwischen 14,1 und 14,5 GHz. Für die Aufwärtsverbindung, d. h. für die Empfangsantenne des OTS gilt die „Eurobeam A"-Bedeckungszone, welche die gesamte europäische Rundfunkzone umfaßt. Zur optimalen Umsetzung des von der Erdefunkstelle vom Satelliten empfangenen Fernsehsignals benötigt das Transpondersystem eine Mindesteingangsleistung von etwa 70 pW.

Zwei weitere Transponder haben eine Bandbreite von je 40 MHz, eine Down-link-Frequenz von 11,510 GHz sowie eine Up-link-Frequenz von 14,126 GHz. Die Antenne strahlt eine e.i.r.p. von etwa 37 dBW (entspricht rund 5 kW) ab.

Neben den vier Haupttranspondern ist der OTS noch mit schmalbandigen Leitstrahlsendern bzw. -empfängern ausgerüstet, die im wesentlichen Meß- und Steuerzwecken dienen.

3. Die Erdefunkstelle

Die Erdefunkstelle (up- and down-link) wurde auf dem Gelände des SWF von der Deutschen Bundespost betrieben. Zum Einsatz kam eine fabrikneue mobile Anlage der Firma Dornier (**Bild 1**), die für Datenübertragung konzipiert wurde und für das OTS-Experiment ab der 70-MHz-Schnittstelle mit Videomodulatoren bzw. -demodulatoren aus der Standard-Intelsat-Technik betrieben wurde. Der Sendeumsetzer betrieb zwei parallelgeschaltete Leistungsverstärker (Hughes Aircraft) mit je 250 W Sendeleistung. Der Empfangsumsetzer wurde über einen in der Antenne untergebrachten FET-Vorverstärker angesteuert. Die Oszillatoren waren synthesizer-gesteuert und damit bei hoher Genauigkeit leicht einzustellen. Der Systemkennwert G/T war nicht bekannt. Die gemeinsame Sende- und Empfangsantenne (ϕ 4,5 m) war mit einem 11/14-GHz-Kompakt-Cassegrain-Erregersystem mit Frequenzweichen, die einen Sende-Empfangsbetrieb mit dualer Polarisation erlaubten, ausgerüstet. Als Antennengewinn wurden 52 dB angegeben; damit betrug die maximale e.i.r.p. etwa 70 dBW (entspricht rund 79 MW).

Die Schnittstelle zum Südwestfunk war jeweils der Basisbandkanal, wobei unter Basisband die Summe aus Videosignal und Tonhilfsträger mit der entsprechenden Modulation zu verstehen ist. Die Zuführung des Basisbandes zur Erdefunkstelle erfolgte über eine etwa 150 m lange Koaxialleitung.

4. Technische Besonderheiten

Obgleich die Abwicklung des OTS-Programms (Ansagen, MAZ-Beiträge, Live-Einspielungen, Schrifteinblendungen usw.) sich bezüglich der technischen Modalitäten nicht wesentlich von vergleichbaren großen, aufwendigen Sendeaktivitäten unterschied, kamen für die Durchführung dieses Programmexperimentes aufgrund verschiedener zusätzlicher Forderungen einige, bei terrestrischen Sendungen nicht übliche, neue Techniken erstmalig zur Anwendung.

4.1. 6-Kanal-Ton-Codier/Decodier-Einrichtung (Multichannel-audio-system)

Die Programmbeiträge wurden mit großem personellen und materiellen Aufwand in teilweise bis zu sechs Sprachen simultan übersetzt. Diese sechs ein-

[5] ESOC = European Space Operations Centre.

zelnen Sprachkanäle wurden zusammen mit dem Fernsehbild zu den Teilnehmern geführt, die ihrerseits die Möglichkeit hatten, die für sie relevante Sprache anzuwählen. Hierfür wurden den am Experiment teilnehmenden Ländern von der UER spezielle, in Italien von der Firma GTE entwickelte Übertragungseinheiten zur Verfügung gestellt (**Bild 2**).

Sendeseitig wurden die sechs analogen Tonkanäle digitalisiert und über ein Zeitmultiplexsystem zu einem einzigen Kanal zusammengefaßt. Ein Unterträger von 7,5 MHz wurde mit dem Multiplexsignal moduliert und dem Fernsehsignal überlagert.

Empfangsseitig wurde das Multiplexsignal aus dem Basisband des Fernsehsignals ausgefiltert und wieder in sechs analoge Tonkanäle zurückgewandelt, die dann wieder als einzelne Sprachkanäle zur Verfügung standen.

4.2. Bildverschlüsselung (Scrambling)

Eine Forderung der Interim Eutelsat war, daß das über den OTS gesendete Bildsignal zum Schutz vor unberechtigtem Empfang verschlüsselt wird (**Bild 3a**). Unter Mitwirkung des Zentrallabors (CCETT) des französischen Fernsehens (TDF) wurde ein System entwickelt, das den Bildinhalt nur den angeschlossenen Ländern, denen über die UER ein Descrambler (Entschlüsselungsgerät) zur Verfügung gestellt wurde, bei Kenntnis eines abgesprochenen Codes erkennbar werden ließ (**Bild 3b**). Da uns die Geräte als „black box" geliefert wurden, waren Einzelheiten über die Funktion des Scrambler/Descrambler-Systems nicht bekannt, außer daß der Verschlüsselungsvorgang selbst auf digitaler Ebene vorgenommen wurde.

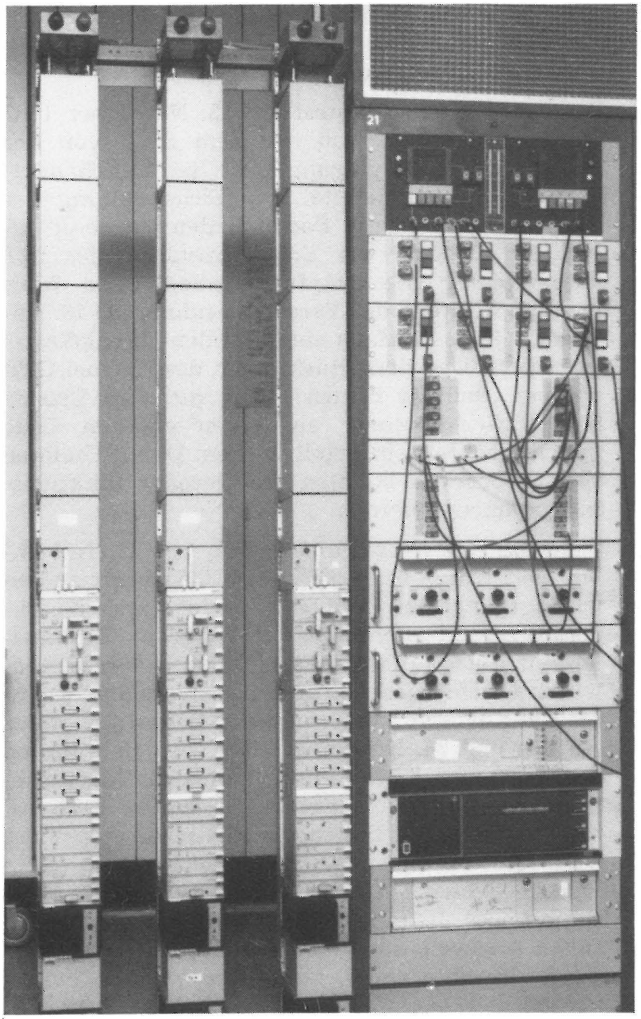


Bild 2
6-Kanal-Ton-Codier/Decodier-Einrichtung

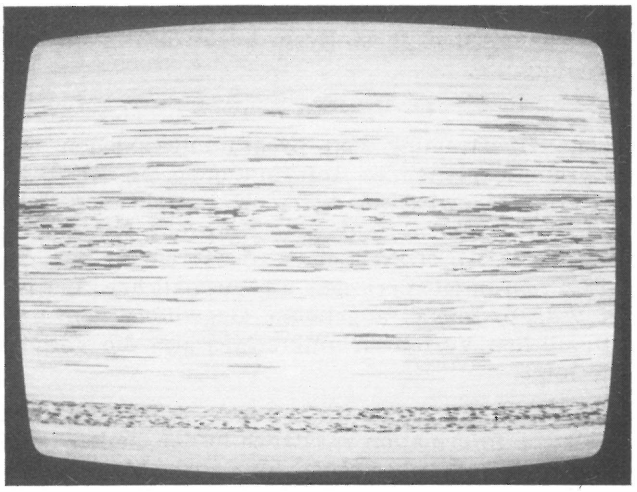


Bild 3a
Verschlüsseltes Fernsehbild

Bild 3b
Wieder entschlüsseltes Fernsehbild

4.3. SIS-Verfahren

Nachfolgend beschriebenes Toncodierverfahren ist zwar auf dem internationalen Leitungsnetz kein Novum, fand jedoch beim SWF als sendende Anstalt zum ersten Mal Anwendung. Zusätzlich zu den sechs Tonkanälen wurde der jeweilige O-Ton (Originalton) mittels des von der BBC entwickelten Sound-in-Sync-Verfahrens (SIS) ebenfalls zusammen mit dem Bildsignal übertragen. Beim SIS-Verfahren wird die Toninformation zu den Zeiten der zeilenfrequenten Bildsynchronimpulse als Pulscodemodulation dem Bildsignal zugesetzt.

Auf der Empfangsseite gewinnt der SIS-Decoder aus dem SIS-Signal das ursprüngliche analoge Ton-

signal zurück und regeneriert die durch die Tonübertragungen in ihrer Norm beeinträchtigten Synchronimpulse.

4.4. Videotext (Teletext)

Die Übertragung von programmbezogenen und programmbegleitenden Informationen in den Bildaustastlücken wird seit etwa einem Jahr von ARD und ZDF in einem Feldversuch erprobt. Neben dem üblichen ARD/ZDF-Videotextdienst wurde für das OTS-Programmexperiment ein zusätzlicher, spezieller Videotextdienst angeboten. Gegenüber dem herkömmlichen Verfahren unterschied sich die Technik wie folgt:

- Außer in den Zeilen 20/21 bzw. 333/334 wurde die gleiche Information zusätzlich in den Zeilen 13/14 bzw. 326/327 übertragen, um auch den Ländern mit einer anderen Zeilenfestlegung die Abnahme zu ermöglichen (bis jetzt gibt es noch keine internationale Normung).
- Bestimmte Videotextinformationen wurden bereits bei der Sendung (beim SWF) decodiert und dem Bildsignal überblendet („Zwangsabnahme").

Die Generierung des Videotextes – auch des OTS-Sonderdienstes – erfolgte in der Videotextzentrale des SFB. Die Informationen gelangten über das normale FS-Leitungsnetz – zusammen mit dem laufenden terrestrischen Programm – zum SWF nach Baden-Baden und wurden hier über Datenbrücken dem OTS-Signal zugemischt.

5. Betriebsabwicklung

Da die Programmbeiträge des SWF für das 3. FS-Programm in der Woche vom 22. bis 28. November 1982 von den benachbarten Sendeanstalten in Saarbrücken und Stuttgart abgespielt wurden, stand dem Südwestfunk eine freie Sendestraße für die Abwicklung des OTS-Programms sowie das erforderliche Personal zur Verfügung.

Die zur Sendung vorgesehenen Programmbeiträge wurden – soweit es keine Live-Beiträge waren – aus dem zentralen Bildgeber von 1″-B-Format- oder 2″-Quadruplex-MAZ abgespielt und in der Senderegie mit Off- oder On-Ansagen, Schrift- und Dia-Einblendungen, Zwischenfilmen sowie decodierten Videotexteinblendungen zu einer kontinuierlichen, täglich fünfstündigen Programmfolge zusammengestellt.

Der Originalton der Beiträge wurde von Dolmetschern in sechs Sprachen simultan übersetzt. Im Studio 3 des Südwestfunks wurden hierfür sechs Euro-Kommentatorkabinen aufgestellt, in denen jeweils zwei Dolmetscher arbeiteten. Die tontechnische Ausrüstung bestand aus je einer Kommentator-Einheit mit zwei Linien (A/B-Einheit) pro Sprecherkabine. Die sechs Kommentator-Einheiten wurden über zwei Kommentator-Überwachungseinheiten kontrolliert, die automatisch auch die Tonmischung von Originalton und Übersetzung durchführten.

Die von der Tagesschau-Redaktion des Norddeutschen Rundfunks in Hamburg eigens für das OTS-Experiment zusammengestellten Nachrichtenbeiträge wie „Euro-Tagesschau", „News Flash" und „News Night" wurden zum Südwestfunk überspielt und bis zur Sendung zwischengespeichert. An zwei Abenden wurden die „News Night" live übernommen.

6. Technische Messungen

Wenn auch das Experiment rein programmlichen Charakter hatte, so waren dennoch in der Vorbereitungsphase umfangreiche technische Tests erforderlich; während der Sendung fand eine ständige meßtechnische Überwachung des empfangenen Satellitensignals statt.

Nach der Installation der Erdefunkstelle durch die DBP beim SWF in Baden-Baden wurden bereits am 18. und 19. November 1982 für jeweils 2½ Stunden Testsignale über den OTS ausgestrahlt, die den Empfangsstationen beim NDR, beim IRT, beim SWF sowie den Empfangsstationen der am Versuch beteiligten Länder zum Einrichten und Einmessen der Empfangsanlagen dienten. Abgestrahlt wurden Farbbalkensignale mit Videotext, Prüfzeilen und modulierten bzw. unmodulierten Tonkanälen.

Während der gesamten Testzeiten wurden keinerlei Störungen festgestellt. Diese Messungen wurden während der Programmwoche täglich ½ Stunde vor Sendebeginn wiederholt; dies nicht zuletzt, weil einige Parameter durch Witterungseinflüsse am Sende- oder Empfangsort von ihrer Sollgröße abweichen konnten und gegebenenfalls durch Korrekturen zu verbessern waren.

6.1. Probleme und ihre Ursachen

1. Bei einem Kurzschlußtest am 15. November 1982 wurde festgestellt, daß der dem SWF von der Firma GTE zur Verfügung gestellte Multichannel-Decoder nicht arbeitete. Zur Sicherstellung des Satellitenempfangs in Baden-Baden wurde er gegen den Decoder der Empfangsstation des IRT ausgetauscht. Die Empfangsstation beim NDR meldete während der Versuchssendung am 18. November 1982 ebenfalls einen totalen „breakdown" ihres GTE-Decoders. Rückfragen des IRT bei GTE ergaben, daß die beiden bisher nicht im Einsatz befindlichen Decoder auf einen anderen Code (festverdrahtet) eingestellt waren. Durch Umlöten von Lötbrücken konnten die Decoder funktionsfähig gemacht werden.
2. Während der Programmsendung am 22. November 1982 traten beim SWF – im Gegensatz zu den vorangegangenen Testtagen – sehr starke Knackgeräusche auf allen sechs empfangenen Tonkanälen auf. Durch Abschalten eines Tiefpaßfilters sowie einer Pegelkorrektur im Demodulator konnten die Knackgeräusche zunächst beseitigt werden. Am 23. und 24. November 1982 wurden während der gesamten Übertragung keinerlei Tonstörungen wahrgenommen; am 25. November 1982 traten nur bei einem Beitrag diese Tonstörungen auf. Vom 26. bis 28. November 1982 waren diese Knackgeräusche ständig vorhanden. Andere am Experiment beteiligte Empfangsstationen bestätigten – soweit mit ihnen Kontakt aufgenommen werden konnte –, daß diese Tonstörungen bei ihnen nicht registriert wurden.

   Kurzschlußuntersuchungen am Multichannel-Decoder in Baden-Baden ergaben, daß selbst bei un-

modulierten Tonkanälen, wenn auch in geringerem Ausmaße, Tonstörungen auftraten. Es ist zu vermuten, daß die Ursache hierfür u. a. im Decoder selbst zu suchen ist.

3. Am 23. November 1982 traten während der Programmausstrahlung sowohl bei der Empfangsstelle in Baden-Baden als auch bei allen anderen Empfangsstellen am Ausgang des Descramblers ständig starke Bildstörungen auf, die auch anhielten, nachdem sendeseitig auf den Ersatz-Scrambler umgeschaltet wurde. Ab 21.45 Uhr wurden die Bildsignale unverschlüsselt gesendet, danach trat dieser Fehler nicht mehr auf. Untersuchungen am 24. November 1982 zeigten, daß der Demodulator durch die hohen Signalamplituden in Verbindung mit der Verwischungsspannung – die einen Frequenzhub des RF-Trägers von etwa 4 MHz verursachte – übersteuert war und damit zu Störungen in der V-Synchronisation geführt hatte, die ihrerseits wieder zu Synchronisationsstörungen im Descrambler führten. Durch eine Reduzierung des Energieverwischungshubes auf rund 1,0 MHz konnten die Bildstörungen bei verschlüsselten Bildsignalen vermieden werden. Vom 24. bis 28. November 1982 wurden die Bildsignale wieder verschlüsselt gesendet, während gleichzeitig die Verwischungsspannung reduziert blieb.

6.2. Meßdaten

1. Scrambler/Descrambler

Die Übertragungseigenschaften der Bildver-/-entschlüsselungseinrichtungen wurden mittels der CCIR-Prüfzeilensignale 17 und 330 in der vertikalen Austastung ermittelt. Die Auswertung erfolgte am Ausgang des Descramblers mit dem Prüfzeilenauswertegerät UPF von Rohde & Schwarz. Die Prüflinge wurden in der Betriebsart PSD betrieben.

Lineare Verzerrungen

Weißimpuls	– 1,8 %
Fahne	4,4 %
2T-Impuls	– 9,8 %
Farbträgeramplitude	– 9,3 %
Laufzeit (Leuchtdichte/Farbart)	45 ns

Nichtlineare Verzerrungen

Diff. Verstärkung	2,6 %
Phasenfehler (Chroma/Burst)	$\approx \pm 5{,}0$ °

2. Erdefunkstelle

Eine Erhöhung des Frequenzhubes auf 19,5 MHz, wie es von der IBA vorgeschlagen war, wurde in einem Vorabtest der Deutschen Bundespost versucht, mußte jedoch wegen auftretenden Kreuzmodulationen zwischen Bildsignal und Tonunterträger auf 13,5 MHz zurückgenommen werden.

Am Standort der Erdefunkstelle (48,8° Nord, 8° Ost) waren die Ausrichtwinkel für die Antenne wie folgt:

Elevationswinkel 34,16 °,

Azimutwinkel 187 °.

Der Signal/Geräuschabstand des Trägers (C/N) wurde täglich zu Beginn der Testzeit nach zwei verschiedenen Methoden gemessen:

a) mit Leistungsmesser,

b) mit Spektrumanalysator.

Der C/N-Wert wurde nach folgender Formel errechnet:

$$C/N = X - \left(10 \log \frac{\Delta f_{ZF}}{1{,}2\, \Delta f_{Analy.}} + 2{,}5 \right)$$

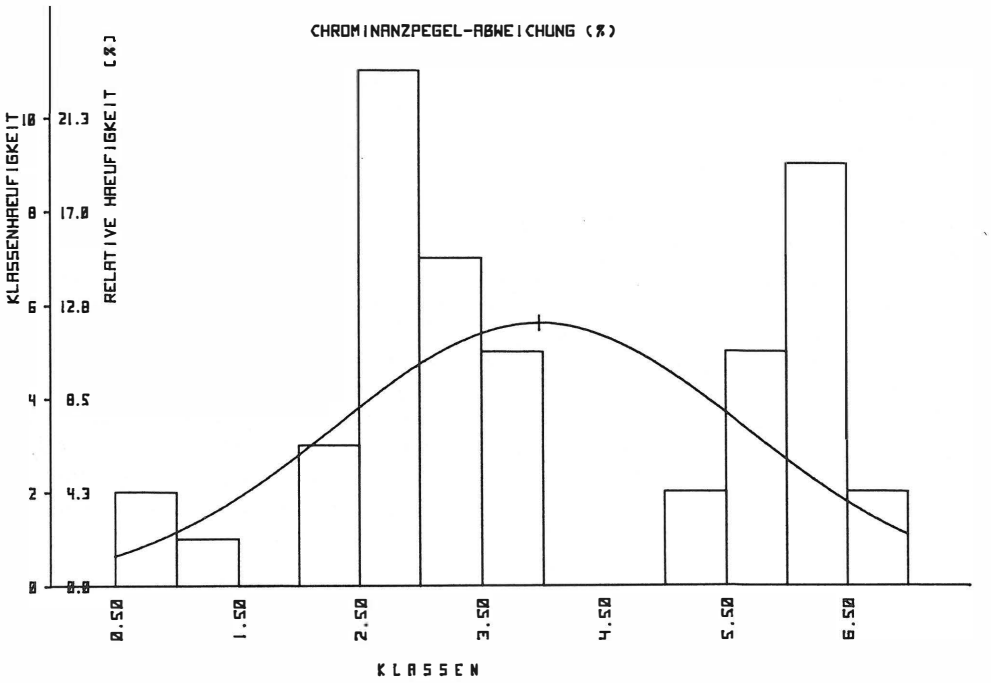


Bild 4
Klassifizierung des 20T-Impulses

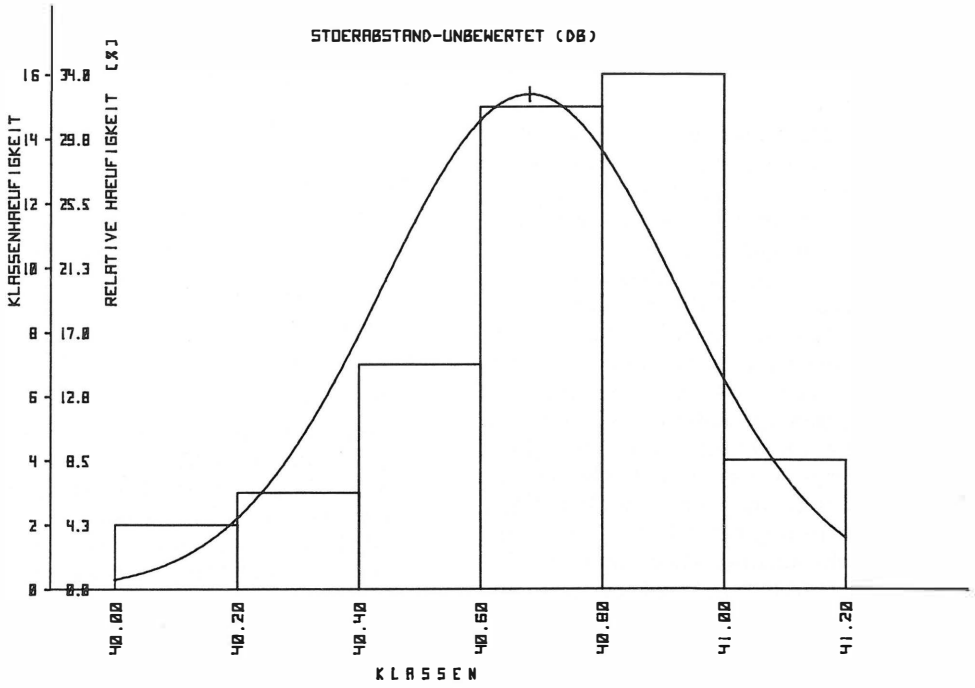


Bild 5
Klassifizierung des Störabstandes

mit

$$\Delta f_{Analy.} = 1 \text{ MHz} ,$$

X entsprach dem jeweiligen Ablesewert,
der Klammerausdruck betrug 16 dB.

Nach a: C/N = 18,5 bis 21,2 dB

Nach b: C/N = 21 dB (const.).

Das Wetter war überwiegend bedeckt.

Frequenzhub des Basisbandsignals: 13,5 MHz

Energieverwischungshub: Veränderlich, 4 MHz bis 1 MHz

Tonunterträger (GTE): 7,5 MHz, 500 mV.

3. Übertragungsstrecke

– Bild

Während der gesamten Übertragungszeiten wurde das Bildsignal mittels der CCIR-Prüfzeilensignale kontrolliert. Es wurden pro Parameter etwa 50 Meßwerte registriert. Gemessen wurde im Basisband vor dem GTE-Decoder über ein 5-MHz-Tiefpaßfilter mit dem Prüfzeilenauswertegerät UPF.

Parameter	Mittelwerte	Standard-abweichungen
Weißimpuls	0,78 %	± 3,52
Fahnen	1,20 %	± 0,05
2T-Impuls	– 0,54 %	± 0,43
20T-Impuls	3,97 %	± 1,67
Gruppenlaufzeit	14,02 ns	± 2,57
Störabstand (unbewertet)	40,68 dB	± 0,24
Diff. Verstärkung	2,49 %	± 0,97
Diff. Phase	1,80 °	± 0,59

Die Übertragungsparameter der gesamten Strecke über den Transponder des OTS sind als sehr gut zu bezeichnen. Besonders beachtenswert ist der Störabstand, der bewertet rund 51 dB beträgt. Beispielhaft sind für die Auswertungen der 8 Parameter die Klassifizierung des 20T-Impulses bzw. des Störabstandes angegeben (**Bild 4** und **5**).

– Ton

Der Gesamtklirrfaktor bei 1 kHz (– 6 dB) aller sechs Tonkanäle, gemessen während der Testzeit am 18. November 1982, betrug 1,1 %.

Der Geräuschspannungsabstand am Ausgang des Tondecoders bei kurzgeschlossenem Codereingang betrug bei allen sechs Kanälen etwa 59 dB.

Die Tonqualität war – abgesehen von den Knackgeräuschen – gut bis befriedigend.

7. Resümee

Aus technischer Sicht ist das Experiment vollauf gelungen. Es war eine Herausforderung, welche die Technik gern angenommen hat. Die Technik hat gelernt, bei der Vorbereitung und Durchführung des Experimentes sowie bei der Bewältigung von technisch Unvorhergesehenem ein Gefühl für die eigentlichen Schwierigkeiten zu bekommen.

Aus dem Gelernten empfiehlt sich, bei in Zukunft möglichen ähnlichen Experimenten folgende Anregungen zu beachten:

1. GTE-Coder/Decoder

Es wäre zweckmäßig, sofern künftig kein anderes Tonübertragungssystem zur Verfügung steht,

– eine Verbesserung des Fehlerschutzes vorzunehmen (Geräte sind nicht für Satellitenübertragung optimiert);

- eine Preemphase bzw. Deemphase im Videoteil des Coders bzw. Decoders vorzusehen;
- Tonteil (PCM-Codierung und Multiplexer) und Videoteil (7,5-MHz-Modulator) – entsprechend auch auf der Empfangsseite – gerätemäßig zu trennen, um nichtlineare Verzerrungen durch Leitungsentzerrer und -verstärker in der Basisbandebene zu vermeiden (somit könnte der Tonteil im Studio und der Videoteil unmittelbar bei der Erdefunkstelle aufgestellt werden);
- eine Überprüfung des Systems hinsichtlich seiner Störanfälligkeit gegen SIS-Signale vorzunehmen;
- Schaltpläne und Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

2. Scrambler/Descrambler (CIT ALCATEL)

   Sofern die Bildver- und -entschlüsselungseinheiten von CIT ALCATEL weiterhin für die Satellitenübertragung eingesetzt werden sollten, empfiehlt sich
   - eine Verringerung der Empfindlichkeit gegenüber Signalverzerrungen,
   - eine Verbesserung der Übertragungseigenschaften (siehe **6.2.**),
   - eine normgerechte horizontale Austastlücke ohne Störimpuls auf der vorderen Schwarzschulter,
   - für beide Geräte eine echte Bypass-Schaltung,
   - ein Mitliefern von Schaltplänen und Dokumentationen.

3. Tonmischung

   Da es sich gezeigt hat, daß die Tonmischung von Originalton und Übersetzung von den empfangenden Stationen subjektiv unterschiedlich beurteilt wurde, wäre die getrennte Übertragung von Originalton und Übersetzung eine Alternative auf der Sendeseite, so daß der Rezipient die Möglichkeit hat, nach seinem persönlichen Empfinden die Tonmischung individuell einzustellen. Des weiteren wäre zu empfehlen, daß abzuspielende Beiträge nur O-Ton und keinen Mischton enthalten.

4. Kommunikation

   Während der Sendungen sollte ständig eine Kommunikationsverbindung für die Technik bei der sendenden und der empfangenden Station zur Verfügung stehen; sie erleichtert den Austausch von Informationen über mögliche Probleme bei der sendenden Anstalt und ist ein „feedback" für die Übermittlung von Empfangsbeurteilungen.

5. Dolmetscherausrüstung

   Zur Erleichterung der Simultanübersetzung wäre für die Dolmetscher ein Relais – eine Einrichtung, welche die Anwahl aller Sprachen in jeder Kabine gestattet – von Vorteil. Diese Relaisschaltung soll es den Dolmetschern ermöglichen, aus der Sprache zu übersetzen, die sie am besten beherrschen.

6. Videotext
   - Erprobung von Untertiteln in mehreren Sprachen, abrufbar unter verschiedenen Tafelnummern;
   - keine Impact-Einblendungen, solange im Bild Schriften enthalten sind.

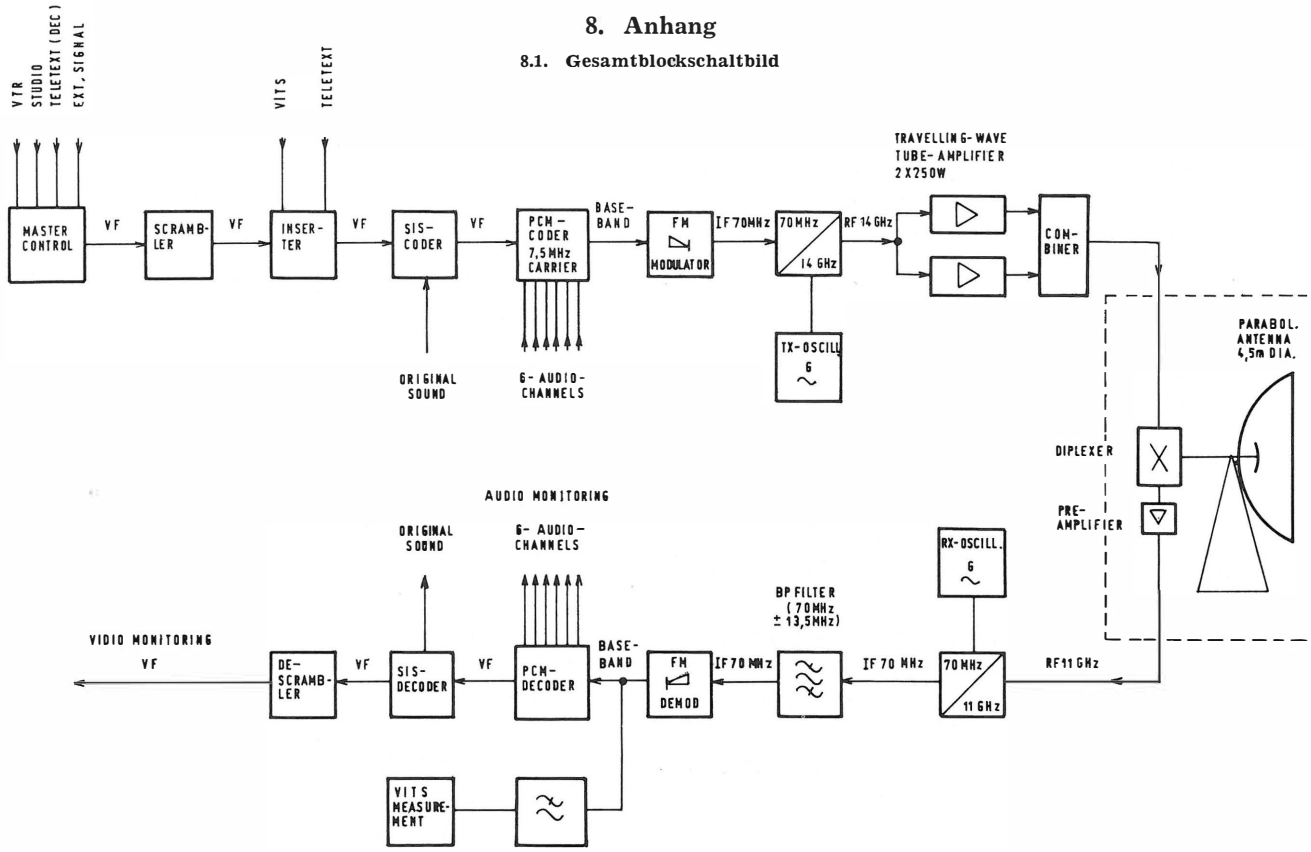
7. Erfahrungsaustausch

   Es wäre wünschenswert, wenn neben dem Austausch der technischen Erfahrungsberichte der am Experiment beteiligten Länder Vertretern der Technik die Möglichkeit gegeben würde – z. B. im Rahmen einer erweiterten Sitzung der UER-Arbeitsgruppe R3 Test –, ihre Berichte zu erläutern und ihre Erfahrungen zu vertiefen.

Die mit der technischen Federführung der ARD-Woche beauftragte Technische Direktion des Südwestfunks bedankt sich bei allen Beteiligten für die hervorragende und unbürokratische Zusammenarbeit. Ein besonderer Dank gilt den Kolleginnen und Kollegen der technischen Bereiche, die in selbstlosem Einsatz bewiesen haben, daß die Herausforderung EURIKON — neben den Alltagsaufgaben — reibungslos zu bewältigen war.

8. Anhang

8.1. Gesamtblockschaltbild



8.2. Qualitätsbeurteilung der Empfangsstationen

O T S - E x p e r i m e n t
(week 22.11.1982 - 28.11.1982)
Quality Classification of Reception

	22.11. R	22.11. Q	23.11. R	23.11. Q	24.11. R	24.11. Q	25.11. R	25.11. Q	26.11. R	26.11. Q	27.11. R	27.11. Q	28.11. R	28.11. Q	
A / ORF / WIEN	▨			3		5		5		5		5		5	VIDEO
				3		5		5		5		5		5	AUDIO
				3		5		5		5		5		5	SIS
CH / SSR / BERN	▨			3	▨		▨					5		4	VIDEO
				4				5	?			5		4	AUDIO
				4				5				5		4	SIS
D / ARD / BADN		4		5		5		5		5		5		5	VIDEO
	▨			4		4		4	▨		▨		▨		AUDIO
		5		5		5		5		5		5		5	SIS
D / ARD / HMBG						4		4		5		4		4	VIDEO
						4		4		5		4		4	AUDIO
															SIS
D / IRT / MCHN								4				4		4	VIDEO
		?						4				4		4	AUDIO
								4			▨		▨		SIS
DZ / RTA / ALGR															VIDEO
		?		?		?		?		?		?		?	AUDIO
															SIS
F / TDF / PARS	▨			4		4				5		5		5	VIDEO
	▨			4		5				5		5		5	AUDIO
	▨					5				5		5		5	SIS
GB / IBA / LNDN	▨		▨			4				4		4		4	VIDEO
						4	?			4		4		5	AUDIO
						4				4		4		5	SIS
I / RAI / ROMA		4		4		4									VIDEO
		4		5		4	?		?		▨		?		AUDIO
		4		5		4									SIS
IRL / RTE / DBLN			▨		▨			4	▨	2				5	VIDEO
		?	▨		▨			4		4	?			5	AUDIO
			▨		▨			4		4				5	SIS
NL / NOS / HILV	▨			3						5		4			VIDEO
				4		?		?		5		4		?	AUDIO
			▨	3						5		4			SIS
SF / YLE / HLKI	▨		▨	3		3	▨	2		3		3		2	VIDEO
			▨	4		4		4		4		3		2	AUDIO
			▨	2		4	▨	2		3		3		2	SIS
TN / RTT / TUNI															VIDEO
		?		?		?		?		?		?		?	AUDIO
															SIS
YU / JRT / BGRD						4		4				4			VIDEO
		?		?		4		4	?			4		?	AUDIO
						4	▨				▨	3			SIS

Legend: Reception = R ☐ = good; ▨ = distored; ■ = broken; ? = unknown
Quality = Q 5 = excellent; 4 = good; 3 = fair, 2 = poor 1 = bad

Remarks to Quality Classification

At Monday, 22/11/82 the items are only until 20.00 GMT.
At Tuesday, 23/11/82 the items are from 20.45 GMT.
At Thursday, 25/11/82 TDF had gone on strike.
TVE and RTP got the signal via terrestrial line from PARIS
ERT got the signal via terrestrial line from ROMA.
TDF got the signal via terrestrial line from LONDON at Monday, 22/11/82.
RTE got the signal via terrestrial line from LONDON at Tuesday, 23/11/82 and Wednesday, 24/11/82.

DIE 2. TAGUNG DER UER-UNTERARBEITSGRUPPE V4

GATWICK, 10. BIS 15. JANUAR 1983

1. Einleitung

Im Hinblick auf die Festlegung eines einheitlichen europäischen Übertragungsverfahrens für Rundfunksatelliten hielt es die UER für dringend erforderlich, eine gleichzeitige Tagung der betroffenen Arbeitsgruppen V, V1, V4, V1/EVSS zusammen mit umfangreichen Demonstrationen der zur Diskussion stehenden Verfahren durchzuführen. Die Tagungen erfolgten auf Einladung der BBC im Moat-House-Hotel in Gatwick, die vielen Demonstrationen und die Beurteilung der in Frage kommenden Systeme fanden im Forschungszentrum der BBC in Kingswood Warren statt. Insgesamt wurden folgende Systeme beurteilt, die freundlicherweise von den Forschungseinrichtungen der einzelnen Länder zur Verfügung gestellt wurden:

A-SECAM[1]	TDF/CCETT	Frankreich
A-PAL[1]	IRT/TDF/CCETT	Bundesrepublik
C-PAL[2]	SR/NRK	Schweden/Norwegen
C-MAC[2 3]	IBA	Großbritannien.

A-SECAM und C-MAC wurden auch mit „Extended threshold"-FM-Demodulatoren vorgeführt. Die ebenfalls sehr erfolgversprechenden Verfahren „A-MAC" und „Extended A-PAL" durften leider nicht demonstriert werden und fielen damit aus der Konkurrenz, weil durch den vorzeitigen nationalen Beschluß der englischen Regierung Großbritannien in jedem Fall für einen C-MAC-Standard plädiert und diesen auch einführen möchte, ungeachtet der Entscheidung im übrigen Europa.

2. Aufgabenstellung und Diskussionsstand

Aufgabe war es, in subjektiven Tests alle 4 zur Diskussion stehenden Übertragungssysteme vergleichend zu testen. Über einen von der BBC bereitgestellten simulierten Satellitenkanal wurden die Versuche durchgeführt, hier konnten auch Gleichkanal- und Nachbarkanalstörungen untersucht werden, z. B. auch, ob die Grundlagen der WARC 77 für den Satellitenrundfunk der Region 1 mit den neuen davon abweichenden Systemen (ursprünglich wurde mit einem PAL/SECAM-Bildsignal und einem analog modulierten Tonunterträger geplant) kompatibel sind. Für diese Prozedur der umfangreichen subjektiven Tests wurden 3 Tage benötigt, und die vielen Einzelergebnisse sollen hier ganz kurz zusammengefaßt werden.

Reine Bildtests (ohne Tondarbietung):

Bei A-SECAM und A-PAL wurde eine nicht mehr wesentlich zu steigernde Bildqualität[4] von Q = 4,2 bei 14 dB C/N (Q = 4,5 bei 20 dB C/N) erreicht, während C-MAC bei diesen 14 dB C/N bereits eine Qualität von Q = 4,3 lieferte, die bei 16 dB C/N Q = 4,7 erreichte und damit dem digitalen Bildstandard (4 : 2 : 2) auf den hochauflösenden Klasse-I-Standard-Monitoren nahezu ebenbürtig war. C-PAL zeigte Probleme bei 12 dB C/N in der Farbsättigung und in der Klemmung, was nicht unbedingt systembedingt sein dürfte, aber dieses System aus der Wertung warf (Q = 3,5 bei 14 dB C/N). Die Bildqualität Q = 1,5 (Failure point nach Def. UER) wurde mit A-SECAM bei 7 dB C/N, mit A-PAL bei 6 dB C/N erreicht. C-MAC lag hierbei wesentlich günstiger bei nur 5 dB C/N bzw. 4 dB C/N unter Benutzung des schwellwertverbessernden FM-Demodulators.

Reine Tontests (keine Bilddarbietung):

Beim Ton wurde die optimale Tonqualität mit A-SECAM und A-PAL bereits zwischen 7 dB und 8 dB C/N erreicht (Q = 4,5), der „Failure point" (Q = 1,5) lag bei etwa 5 dB C/N, also 2 dB unter dem für das Bild. Bei C-MAC wurde die optimale Tonqualität erst zwischen 8 dB und 9 dB C/N erreicht, während der „Failure point" (Q = 1,5) schon bei 5,5 dB auftrat, obwohl mit erhöhtem Fehlerschutz durch einen Hamming-Code gearbeitet wurde (nur sechs 15-kHz-NIC[5]-Kanäle in 2,9 Mbit/s). C-PAL war für Tontests wegen eines Defekts nicht verfügbar.

Vergleich Bild/Ton:

Über das Bild/Ton-Verhalten gaben die vergleichenden Tests der „Failure points" für Bild und Ton Aufschluß. Es gilt etwa folgendes:

Signalausfall im gemeinsamen Vergleichstest Bild und Ton	für Ton C/N	für Bild C/N
Referenz WARC 77	3 dB	6 dB
A-SECAM	4 dB	5,5 dB
A-PAL	4 dB	6 dB
C-MAC	4 dB	4 dB
C-MAC[6]	4 dB	3 dB
A-SECAM[6]	4 dB	3 dB

Zusammenfassend muß festgestellt werden, daß durch den erhöhten Fehlerschutz im C-Verfahren bei C-MAC gerade gewährleistet werden kann, daß zumindest Bild und Ton noch gleiche Reichweite haben. Schwellwertverbessernde Bilddemodulatoren sind dabei ausgenommen; diese sollten auch vorrangig nur dazu eingesetzt werden, um das Auftreten der ersten sichtbaren „FM-Clicks" zu niedrigeren C/N-Werten hin zu verschieben (Einsatz kleinerer Empfangsantennen?).

Die Interferenzempfindlichkeit für Gleich- und Nachbarkanalstörer war für die untersuchten 4 Systeme nicht nennenswert unterschiedlich zum WARC-77-Referenzsignal, sowohl was die Störung der neuen Signale jeweils mit sich selbst als auch gegen ein anderes der oben genannten Signale einschließlich des Referenzsignals betrifft. Für Bild und Ton gelten hierbei für alle Systeme etwa gleiche Werte.

3. Mitteilung der V4 an das Büro der Technischen Kommission der UER

Aus Zeitmangel konnten nur wenige der 60 neuen Dokumente behandelt werden; dies bedeutet, daß ein Großteil der Tagesordnungspunkte auf der nächsten Sitzung behandelt werden muß. Um den längst über-

[1] 5 kompandierte Tonkanäle in 2 Mbit/s.

[2] 8 kompandierte Tonkanäle in 2,9 Mbit/s mit Paritätsbit.

[3] 6 kompandierte Tonkanäle in 2,9 Mbit/s mit Bitfehlerschutz durch Hamming-Code.

[4] 5stufige Qualitätsskala nach CCIR.

[5] NIC = near instantaneous companded.

[6] Schwellwertverbessernder Demodulator.

fälligen Entscheidungsprozeß der UER für ein neues europäisch einheitliches Satellitenübertragungssystem voranzutreiben, wurde eine Note für das Büro der UER verfaßt, die im wesentlichen etwa folgendes beinhaltet:

Obgleich mehrere der untersuchten Systeme für eine direkte Satellitenübertragung eine befriedigende Lösung darstellen und in Anbetracht der Tatsache, daß die Untergruppe V1 mit Ausnahme eines Mitglieds zugestimmt hat, daß die beste Lösung für einen gemeinsamen europäischen verbesserten Bildübertragungsstandard über DBS eine zeitkomprimierte Komponentenübertragung ist, weiterhin unter Berücksichtigung, daß die Tonmodulationsmethode und das Multiplexverfahren in gewisser Hinsicht davon abhängig sind, glaubt die Untergruppe V4, daß ein System, welches einen annehmbaren Kompromiß darstellt und – nicht zuletzt auch wegen der zwischenzeitlich gefällten nationalpolitischen Entscheidung in Großbritannien – zu einem einheitlichen europäischen Standard führen könnte, in folgender Kombination besteht:

- C-Typ für die Modulation der Ton- und Datensignale
  (um der sehr starken Forderung der skandinavischen Länder nach 8 Tonkanälen notfalls auch mit geringerem Fehlerschutz entgegenzukommen),
- Paket-Multiplextechnik für die Verschachtelung der einzelnen Tonkanäle
  (um der Forderung nach einer möglichst flexiblen späteren Nutzung des Bitstroms von 2,9 Mbit/s entgegenzukommen; das beinhaltet prinzipiell auch den von der Bundesrepublik vorgetragenen Wunsch nach gut geschützten, linear codierten Tonkanälen zum FS-Bild),
- zeitlich komprimierte analoge Bildkomponenten
  (um der Forderung Englands entgegenzukommen, das im Satellitenrundfunk die unbedingt auszunutzende Möglichkeit der Bildqualitätsverbesserung sieht).

Ein solches System, so glaubt man, kann die technischen und betrieblichen Voraussetzungen aller UER-Mitgliedsländer erfüllen. Die Untergruppe V4 ist sich bewußt, daß die vorläufigen Spezifikationen dieser 3 Elemente „C-MAC-PACKET" zur Zeit nur eine Grundlage für die letztendlich erforderliche komplette Spezifikation darstellen können.

In folgenden Punkten muß dringend noch eine Abstimmung der Systemkomponenten erfolgen:

a) Länge des Datenpakets,
b) zeilen- oder bildweise Synchronwörter im stoßweisen Datenstrom von 20 Mbit/s,
c) Anpassung vom Packet-Multiplex an die C-Struktur,
d) Bitfehlersicherung und Abwägung von Tonkanalkapazität gegen Bitfehlerschutz,
e) Definition der geräteinternen Schnittstellen,
f) flexible Nutzung des Datenstroms (2,9 Mbit/s) und Beschreibung der Pakete der unterschiedlichen Dienste,
g) Modulationseinzelheiten der Videokomponenten (Pre-/Deemphase sowie Rauschverhalten der Luminanz- und Chrominanzkomponenten),
h) Ausdehnung der Datenbursts auf die Zeitdauer einer ganzen Zeile (Dienst im Prinzip entsprechend dem 16-Kanal-Hörfunkmultiplex der Bundesrepublik),
i) Studium der Weitergabe solcher Signale auf Gemeinschaftsantennenanlagen,
j) komplette Spezifikation der C-Modulation,
k) Adaptionsmöglichkeiten für Enhanced Videotext in den Datenmultiplex.

Die UER-Mitglieder der deutschen Rundfunkanstalten äußerten ihre Besorgnis darüber, daß über wichtige Fragen, die eine Entscheidung beeinflussen sollten, noch keine Information verfügbar ist, nämlich

- welche Qualitätsabstriche bei einem in Massenproduktion hergestellten „C-MAC-PACKET"-DBS-Empfänger gegenüber dem mit viel Aufwand und ständiger Betreuung durch Ingenieure vorgezeigten Test-Equipment zu erwarten sind;
- ob die europäische Industrie in der Lage sein wird, bereits dann größere Mengen von DBS-Empfängern anzubieten, wenn der Satellitenrundfunk beginnt;
- ob dann diese Empfänger des neuen Standards zu vernünftigen Preisen herstellbar sind.

Christoph Dosch, Klaus Voigt
Institut für Rundfunktechnik, München

DIE 4. TAGUNG DER UER-UNTERARBEITSGRUPPE R4 (WELLENAUSBREITUNG)

MÜNCHEN, 18. BIS 20. JANUAR 1983

Die UER-Unterarbeitsgruppe R4 kam unter dem Vorsitz von H. Berthod (TDF) zu ihrer 4. Tagung beim IRT in München zusammen. Wichtigstes Beratungsthema war angesichts des 1984 bevorstehenden 2. Teils der UKW-Planungskonferenz die Verbesserung der Feldstärkevorhersagemethoden im Meterwellenbereich und dabei besonders die CCIR-Empfehlung 370-4. Weitere wesentliche Themen waren die Raumwellenausbreitung im LF/MF-Bereich sowie die Ausbreitungsprobleme beim Satellitenrundfunk.

Die CCIR-Empfehlung 370-4 und der damit zusammenhängende CCIR-Bericht 239-5 enthalten trotz der auf Initiative der Unterarbeitsgruppe R4 bereits eingearbeiteten Verbesserungen noch immer offensichtliche Mängel und Widersprüche. Das gilt insbesondere für die gemeinsamen Land- und Seeausbreitungskurven bzw. im Zusammenhang damit für die Handhabung des Geländekorrekturfaktors Δh. Es war allen Tagungsteilnehmern klar, daß zumindest dort, wo Widersprüche erkennbar sind oder im Anwendungsfall auftreten können, Änderungen notwendig sind. Problematisch dabei ist jedoch, daß die Ausbreitungskurven der CCIR-Empfehlung 370-4 vor langer Zeit aus einer enormen Menge von Meßdaten gewonnen wurden, ohne daß das Verfahren und die Art der Daten heute noch bekannt sind. Das birgt bei Verbesserungen in bestimmten Bereichen, die lediglich auf theoretischen Überlegungen beruhen, die Gefahr, daß damit neue Fehler an anderer Stelle erzeugt werden. Die Tagungsteilnehmer kamen zu der gemeinsamen Auffassung, daß die Unterarbeitsgruppe R4 die zuständige CCIR-Interim-Arbeitsgruppe (IWP) 5/5 dabei unterstützen sollte, einen auf theoretischen Überlegungen basierenden Vorschlag zur Entwicklung getrennter Seeausbreitungskurven für den 2. Teil der UKW-Pla-

4. Sonstige Aktivitäten

Von der Unterarbeitsgruppe R1 war ein Dokument über wünschenswerte Eigenschaften von AM- und FM-Empfängern erarbeitet worden. Der Inhalt dieses Dokumentes wurde mit der Industrie diskutiert. Es wurde Einigkeit darüber erzielt, in diesem Dokument alle jene Parameter zu streichen, die in keinem Zusammenhang mit der Planung stehen.

Bereits auf der letzten Tagung war von der BBC ein Verfahren zur Übertragung von Zusatzinformationen im AM-Hörrundfunk vorgestellt worden. Kompatibilitätstests unter verschiedenen Ausbreitungsbedingungen haben die Grenzen dieses Verfahrens aufgezeigt (Dok. GT R1 273). Danach liegt die maximal übertragbare Bitrate bei Raumwellenausbreitung unter 50 bit/s. Bei reiner Bodenwellenausbreitung liegen die Grenzen bei mehr als dem doppelten Wert.

Die Überarbeitung des Dokumentes GT R1 140 „Modulationsaufbereitung im AM- und FM-Hörrundfunk" ist abgeschlossen worden. Nach Überarbeitung des Dokumentes durch die Technische Zentrale wird es in der Doc.-Tech.-Serie der UER unter der Nummer 3243 erscheinen.

Die nächste Tagung der Unterarbeitsgruppe R1 wird auf Einladung der IBA voraussichtlich in der Zeit vom 5. bis 9. Dezember 1983 in Crawley/England stattfinden.

Gerd Petke
Institut für Rundfunktechnik, München

DIE 4. TAGUNG DER UER-UNTERARBEITSGRUPPE T7 (EUROPÄISCHES FERNMELDESATELLITENSYSTEM)

BRÜSSEL, 25. BIS 27. JANUAR 1983

Die vierte Tagung der Untergruppe T7 fand in der Technischen Zentrale der UER in Brüssel statt. Unter Vorsitz von D. Pham Tat (TDF) nahmen insgesamt 17 Vertreter von europäischen Rundfunkorganisationen, Betreibern von Erdefunkstellen, Interim Eutelsat (dem Betreiber von OTS und ECS) sowie der Technischen Zentrale der UER teil. Kurz vor dem geplanten Start des ersten ECS-Flugmodells sind immer noch viele Einzelheiten über dessen Nutzung durch die UER offen.

1. Allgemeine Situation des ECS (European Communication Satellite)

Der Start des ersten ECS-Flugmodells durch die europäische Ariane-Rakete ist für die erste Juniwoche 1983 geplant. Das zweite Flugmodell wird voraussichtlich Ende September/Anfang Oktober 1983 gestartet. Flugmodell 2 wird dann der operationelle Satellit, Flugmodell 1 dient als Reserve. Die gesamte Transponderkapazität des ersten Flugmodells ist bereits durch die beteiligten Fernmeldeverwaltungen ausgebucht, so daß Testsendungen der UER nur nach Absprache mit diesen möglich sind. Im zweiten Flugmodell steht ab 1984 eventuell ein Transponder für Tests zur Verfügung, dazu nur für 1984 ein weiterer für eine gelegentliche Nutzung. Beide arbeiten jedoch mit den „spotbeams" des ECS, sie sind daher für die UER, die im allgemeinen die europäische Bedekkungszone benötigt, nur bedingt von Nutzen. Alle übrigen Transponder sind ebenfalls schon fest gebucht.

2. Nutzung des ECS durch die UER

Die UER hat zwei Transponder fest gebucht. Wegen der günstigeren Interferenzsituation werden die Transponder 3 und 9 bevorzugt. Beide liegen bei einer Mittenfrequenz von 11 158,3 MHz und haben wie alle ECS-Transponder eine 3-dB-Bandbreite von typisch 80 MHz. Mit orthogonaler linearer Polarisation sind sie wahlweise auf den „eurobeam" oder „western spotbeam" schaltbar. Bisher ist vorgesehen, je Transponder nur ein Fernsehsignal frequenzmoduliert zu übertragen (25 MHz/V Hub, 36 MHz Bandbreite). Aus Interferenzgründen werden die Signale in beiden Transpondern zueinander frequenzversetzt angeordnet. In einem Beitrag der TDF wurde erneut vorgeschlagen, bei einer geringfügigen Hubverminderung in einem der UER-Transponder zwei Fernsehsignale zu übertragen. Im Gegensatz zu früheren Untersuchungen der Untergruppe zeigt dieser Beitrag, daß sich wahrscheinlich in vielen Fällen auch so die UER-Qualitätsforderungen erfüllen lassen. Ein Beitrag der IBA und Einwände des Eutelsat-Vertreters lassen diese Möglichkeit jedoch wieder unsicher erscheinen. Eine Diskussion zeigte, daß neben der technischen Unsicherheit, um deren Klärung sich Eutelsat bemühen wird, auch Zweifel bestehen, ob ein variabler Betrieb mit einem oder zwei Signalen pro Transponder überhaupt wirtschaftliche und betriebliche Vorteile bringen würde. Die Untergruppe sah sich daher nicht in der Lage, eine solche Betriebsweise zu empfehlen. Das TDF-Dokument wurde entsprechend überarbeitet und wird mit einem Kommentar dem Lenkungsausschuß der Arbeitsgruppe T zugeleitet.

Der erwähnte Beitrag der IBA brachte auch erstmals für ECS-Anwendung das MAC-Verfahren ins Gespräch und zeigte, daß zwei MAC-Signale im Frequenzmultiplex über einen Transponder bessere Qualität als zwei PAL- bzw. SECAM-Signale haben müßten. Auch diese würde allerdings wohl nicht den UER-Anforderungen genügen. Weiter wurde gezeigt, daß mit MAC ein Zeitmultiplexbetrieb zweier Signale mit guter Qualität relativ einfach zu verwirklichen wäre.

Die Unterarbeitsgruppe überarbeitete weiterhin zwei Dokumente, die sich mit Spezifikationen und Zulassungsbedingungen von nicht standardisierten bzw. transportablen Erdefunkstellen für den Betrieb mit dem ECS befaßten. Beide Dokumente müssen noch mit Eutelsat abgestimmt werden. In Zusammenhang mit der Nutzung transportabler Erdefunkstellen steht auch die Notwendigkeit, einen in beiden Richtungen arbeitenden Dienstkanal zwischen diesen und einer Hauptstation einzurichten. Zwei Dokumente befaßten sich mit Möglichkeiten, einen solchen Weg über den Satelliten zu schaffen.

Ein Beitrag von ARD/ZDF zeigte Möglichkeiten einer Übertragung von Hörfunk- und Kommentarkanälen zusätzlich zu einem Fernsehsignal durch einen ECS-Transponder. Wie bei den Vorschlägen, zwei Fernsehsignale über einen Transponder zu übertragen, befürwortete die Untergruppe auch hier, Tests über den ECS durchzuführen.

3. Versuchssendungen über den ECS

Auf Anregung des Lenkungsausschusses der Arbeitsgruppe T hatte die Technische Kommission der UER im April 1982 die Untergruppen T3 und T7 beauftragt, die Demonstration einer digitalen Fernsehübertragung über den ECS zu organisieren. Da aus gerätetechnischen Gründen und wegen der gegebenen Hierarchiestufen offenbar nur ein 34-Mbit/s-System in Frage kommt, müßte T3 zunächst feststellen, ob ein solches System den Qualitätsansprüchen der UER genügt. Anschließend soll eine kleine Gruppe aus T3- und T7-Mitgliedern Tests über den ECS möglichst unter Einschluß terrestrischer digitaler Richtfunkstrecken durchführen. Als mögliche Strekkenführung käme Paris – Bercenay – ECS – Fucino – Rom in Betracht. Obwohl der Qualitätsnachweis noch nicht vollständig erbracht ist, wurde bereits eine gemischte T3/T7-Gruppe etabliert, die aus den Herren Drury (IBA), Gelly (TDF), Moro (RAI) und Süverkrübbe (ARD/ZDF) besteht. Die Untergruppe T7 regte nun an, daß diese Gruppe die Versuche ausdehnt auf die Übertragung von 2 PAL/SECAM-Signalen, 2 MAC-Signalen, 2 Digitalsignalen und Kombinationen mit einem Tonmultiplexsignal. Vorbehaltlich der Zustimmung durch den Lenkungsausschuß müssen die Versuche unter Koordinierung durch R. Süverkrübbe bis Ende 1983 abgeschlossen werden.

Eine etwas erweiterte Gruppierung unter Koordinierung durch B. Salkeld (IBA) soll bereits in den nächsten Monaten ähnliche Vorversuche über den OTS beginnen.

4. Die nächste ECS-Generation

Über die Berücksichtigung der UER-Interessen bei der Gestaltung der nächsten Generation des ECS finden bisher nur Kontaktgespräche statt. Zur Diskussion stehen digitale Fernsehübertragungen mit etwa 70 Mbit/s, die ausgiebige Verwendung von eventuell auch steuerbaren „spotbeams" und von „shaped beams" sowie der Einsatz kleiner Erdefunkstellen.

Eutelsat beginnt seine Studien mit einer 14monatigen Anfangsphase. Diese wird 3 bis 4 mögliche Optionen berücksichtigen. In dem der Studie folgenden Jahr soll die Zahl der Optionen auf 1 bis 2 reduziert werden. Die Untersuchungen beinhalten auch die Ermittlung eines Trends für die Kosten je Kanal.

Rolf Süverkrübbe
Institut für Rundfunktechnik, München

DIE 1. SITZUNG DER INTERIM-ARBEITSGRUPPE IWP 5/5

GENF, 7. BIS 11. FEBRUAR 1983

Auf der XV. Plenarversammlung des CCIR 1982 in Genf hatte die Studienkommission 5 beschlossen, eine Interim-Arbeitsgruppe einzusetzen, um die bei der Schlußtagung 1981 im Zusammenhang mit der „Troposphärischen Ausbreitung beim terrestrischen Rundfunk und beweglichen Funkdienst" aufgetretenen Probleme zu lösen. Die Aufgaben dieser IWP 5/5 sind in dem Beschluß 50 spezifiziert worden und lauten sinngemäß: „Untersuchung von Methoden zur Bestimmung des Ausbreitungsverhaltens von elektromagnetischen Wellen beim terrestrischen Rundfunk und beweglichen Funkdienst." Vorwiegend betroffen sind die Inhalte der Empfehlung 370-4 [1] und der Berichte 239-5 [2] bzw. 567-2 [3]. Auf der Sitzung, die unter Vorsitz von H. Berthod (Frankreich) vom 7. bis 11. Februar 1983 in Genf stattfand, wurde dann noch eine zusätzliche Aufgabe, nämlich die Behandlung von Fragen zur Duct-Ausbreitung in der Golf-Region, vom Direktor des CCIR an die IWP 5/5 herangetragen. Dadurch ergab sich die Notwendigkeit, die Arbeit in 2 Gruppen aufzuteilen, wobei der Berichterstatter nur an den Beratungen zum ersten Themenkomplex teilnehmen konnte. Die mit dem Ausbreitungsverhalten der elektromagnetischen Wellen im Rundfunkbereich zusammenhängenden Probleme standen im Vordergrund der Überlegungen. Parallelen zum beweglichen Funkdienst wurden gezogen oder dessen Besonderheiten beachtet. Die kritische Analyse der bestehenden Texte führte nach eingehenden Beratungen zu den folgenden Ergebnissen.

1. Die Ausbreitungskurven für den VHF-Bereich

Die VHF-Ausbreitungskurven haben ihren Ursprung in Rechnungen und Messungen aus den USA und England, die mehr als 30 Jahre zurückliegen. Bei den vielen Erweiterungen und Änderungen, die im Laufe der Zeit vorgenommen worden sind, ist nicht immer mit der nötigen Sorgfalt verfahren worden, so daß sich kleine Fehler oder unverständliche Sachverhalte ergeben haben. Besondere Schwierigkeiten stellten sich bei der Trennung von Land- und Seekurven für den VHF-Bereich ein.

Während für kleine Zeitprozentsätze (5 %, 1 %) relativ früh (erstmals in Cannes 1961) eine Trennung der VHF-Kurven nach Land- und Seeweg erfolgte, war dies für 10 % und 50 % der Zeit nicht der Fall. Auf Initiative Frankreichs und besonders Italiens wurden in der Zeit von 1974 bis 1978 die Ausbreitungskurven für 10 % der Zeit für das Mittelmeer von denen der Land-Nordsee-Kurven getrennt. Der sich dabei ergebende Verlauf (Bild 2b in Empfehlung 370-4 [1]) ist nur bis in den Entfernungsbereich oberhalb von etwa 200 km aus Messungen gewonnen worden. Für kürzere Entfernungen wurde extrapoliert, um bei 10 km wieder in die Werte für die Land-Nordsee-Kurve zu münden. Dabei wurde aber keine Korrektur für ein kleineres Δh, was bei Seeausbreitung wohl anzunehmen ist, vorgenommen. Auf der Schlußtagung 1981 wurde (wie bereits in [4] berichtet) vorgeschlagen, die Kurven für Seeausbreitung für 50 % der Zeit und für die Nordsee auch für 10 % der Zeit, falls gewünscht, von den gemischten Land-See-Kurven durch Δh-Korrektur nach Empfehlung 370-4, Bild 7 zu gewinnen. Dabei ist für die See ein Δh von 10 m anzusetzen. (Vgl. Anh. I, 2.2 in Empfehlung 370-4 [1].) Die dabei auftretenden Anomalien, nämlich daß sich für einen Ausbreitungsweg über Land mit einem $\Delta h < 50$ m größere Werte (bis zu 6 dB) ergeben als für einen über See, sind nicht bemerkt worden.

Bis zu einer endgültigen Klärung des Problems (siehe auch unter **4.**) wird folgender Kompromiß für den VHF-Bereich vorgeschlagen (alle Referenzen zu Empfehlung 370-4 [1]):

a) Die Kurven in Bild 4a, 4b, 4c für 1 % der Zeit bleiben unverändert.

b) Die Kurven in Bild 1 und 2a bleiben, aber nur zur Verwendung für Landausbreitung 50 % bzw. 10 % der Zeit.

c) Die Kurven in Bild 2b werden für den Bereich oberhalb 200 km beibehalten; für den Bereich 10 bis 200 km wird die Landkurve Bild 2a gemäß Bild 7 auf ein Δh von 10 m korrigiert. Sollte der so berechnete Wert für eine bestimmte Entfernung d und Antennenhöhe h_1 den für 1 % der Zeit aus Bild 4c ermittelten Wert überschreiten, so wird der Wert von den 1 %-Kurven genommen.

d) Die Gewinnung von Kurven für Seeausbreitung für 50 % der Zeit wird durch Δh-Korrektur auf 10 m von den Landkurven (Bild 1) ausgehend vollzogen. Treten dabei größere Werte für vergleichbares d und h_1 auf als bei den neu ermittelten Kurven für 10 % der Zeit, so ist wie in c) zu verfahren.

e) Zur Gewinnung von Werten für 5 % der Zeit ist wie in Bericht 239 beschrieben zu verfahren, d. h. lineare Interpolation zwischen den oben genannten 10 %- und 1 %-Kurven.

f) Ergibt die Δh-Korrektur größere Werte als die der Freiraumkurve, so sind die letzteren Werte anzusetzen.

2. Der Parameter Δh

Eine weitere Schwierigkeit bei der Anwendung der Empfehlung 370-4 bzw. des Berichtes 239-5 stellt der Parameter Δh dar. Per Definition wird damit das Gelände im Entfernungsbereich 10 bis 50 km vom Sender charakterisiert, indem die Differenz zwischen den 10 %- und den 90 %-Quantilen der Höhen gebildet wird. Dieser Parameter kann in der vorliegenden Definition nur grob und im statistischen Mittel das Gelände um einen Sender charakterisieren. Daher ist mit Fehlern zu rechnen, wenn auf dem Ausbreitungsweg das Gelände nicht horizontal verläuft, im Gelände ein tiefes Tal vorhanden ist, ein einzelnes dominierendes Hindernis wie ein Berg oder eine steile Stufe auftritt oder aber signifikante Änderungen im Geländetyp außerhalb des Definitionsbereiches von Δh zu verzeichnen sind. Es wird daher empfohlen, die Δh-Korrektur in solchen Fällen nur in den unproblematischen Bereichen bzw. gar nicht vorzunehmen. Als Änderung für die Empfehlung 370-4 wird zunächst eine Beschränkung auf Δh-Werte bis etwa 150 m vorgeschlagen.

3. Ortswahrscheinlichkeit und Antennenhöhengewinn

In der Empfehlung 370-4 ist eine Ortsverteilung für den VHF-Bereich in Bild 5 angegeben, die nach § 4.1 vom Bericht 239-5 einem typischen Gelände mit $\Delta h = 50$ m entspricht. Es darf aber nicht übersehen werden, daß die Verteilung der Ortsabhängigkeit von folgenden Faktoren abhängt:

1. die Art der Umgebung,
2. die Größe des Gebietes, das damit repräsentiert wird,
3. die Höhe h_2 der Empfangsantenne.

Es ist anzunehmen, daß die Verteilung in Bild 5 verschiedene Arten der Umgebung wie Großstadt, Kleinstadt, ländliches Gebiet enthält. Die Charakterisierung derartig verschiedener Versorgungssituationen scheint mit einer Verteilung nur unzulänglich möglich zu sein. Es ist zu erwarten, daß die Verteilung in einer Stadt wesentlich steiler verläuft als in ländlichem Gebiet. Für den UHF-Bereich ist in Bild 12 der Empfehlung 370-4 dies bereits berücksichtigt worden, wenn auch der Parameter Δh wenig für eine solche Charakterisierung geeignet scheint.

Mit dem „Höhengewinn" der Empfangsantenne ist eine ähnliche Situation in Empfehlung 370-4 bzw. Bericht 239-5 gegeben. Während für den UHF-Bereich mit Bild 17 eine Beziehung für die Korrektur (negativ, da Bezugswert in den Kurven $h_2 = 10$ m) zwischen h_2 und Δh für 2 Entfernungsbereiche hergestellt wird, ist dies für den VHF-Bereich in § 2.3 grob in Abhängigkeit von Umgebung und Entfernung beschrieben. Im Sichtbereich des Senders kann davon ausgegangen werden, daß der Höhengewinn eine Folge der geometrischen Überlagerung von direkter und reflektierter Welle ist. Jenseits des Horizontes dagegen dürfte die Abhängigkeit der Feldstärke von der Empfangshöhe mehr durch die lokale Umgebung bestimmt werden, so daß hier die Verteilung der Ortswahrscheinlichkeit eher zum Tragen kommt als die eigentliche Antennenhöhe. Diese Annahme ist durch Messungen teilweise bestätigt worden.

Die Arbeitsgruppe war sich darüber im klaren, daß die Vorschläge, mit deren Hilfe zumindest bestehende Widersprüche beseitigt werden sollten, nur eine unbefriedigende Lösung darstellen. Kurzfristig schien kein besseres Ergebnis erreichbar. Die Schwierigkeiten lassen sich nur durch Arbeiten lösen, die einen Zeitraum von mehreren Jahren beanspruchen.

4. Vorschläge für die zukünftige Vorgehensweise bzw. notwendige Untersuchungen

Als längerfristige Lösung bei der Überarbeitung der Empfehlung 370-4 und des Berichtes 239-5 ergaben die Beratungen in der IWP 5/5 folgende Schwerpunkte:

a) Erstellung neuer VHF-Ausbreitungskurven nach Frequenzbereichen, etwa 30 bis 70 MHz, 70 bis 140 MHz, 140 bis 250 MHz. Die Zeitprozente der Kurven sollten auf eine sinnvolle Anzahl begrenzt werden (50 %, 10 % oder 5 %, 1 %). Separate Land- und Seekurven werden für alle Zeitprozente angegeben.

b) Die Gewinnung der in a) genannten Kurven sollte anhand der Originaldaten (auf denen die jetzigen Kurven basieren) geschehen, wobei alle bereits verfügbaren oder in Zukunft gewonnenen Meßdaten berücksichtigt werden sollten. Zur Vermeidung von Fehlern sollten die 1 %-Zeitkurven mit besonderer Sorgfalt aus den Messungen abgeleitet werden. Dabei ist normalerweise als Bezugszeitraum ein Jahr zu wählen, wobei der Beobachtungszeitraum wesentlich länger sein muß. Sollten relevante saisonale Änderungen auftreten, dann ist dies aufzuzeigen.

c) Zur Vermeidung von Mißverständnissen (insbesondere beim Gebrauch der Ausbreitungskurven bei der Planung) wird empfohlen, die Kurven auch in Tabellenform anzubieten.

d) Eine neue Definition des Parameters Δh sollte gefunden werden. Zugleich sollten Anwendung und Grenzen der Δh-Korrektur besser erklärt werden.

e) Die Referenz-Empfangsantennenhöhe sowie Korrekturfaktoren für davon abweichende Höhen sollten beraten werden. Die Entfernungsabhängigkeit ist näher zu untersuchen.

f) Die Relevanz der Abhängigkeit des Medianwertes der Feldstärke vom Gradienten des Brechungsindexes bedarf der Analyse. (Siehe § 1.7 des Anhangs 1 von Empfehlung 370-4.)

g) Die Verwendbarkeit und der Gültigkeitsbereich von vorhandenen und neuen Rechenmethoden für Feldstärkevorhersagen (siehe § 6 von Bericht 239-5) sollten untersucht werden.

h) Eine Überarbeitung der Texte der Empfehlung 370-4 und des Berichtes 239-5 scheint dringend notwendig, damit sie leichter verstanden und benutzt werden können.

Für den beweglichen Funkdienst haben sich zum Teil ähnliche Gesichtspunkte ergeben, darauf soll hier jedoch nicht eingegangen werden.

5. Duct-Ausbreitung im UKW-Bereich

Auf der Regionalen UKW-Planungskonferenz für die Region 1 ist die Notwendigkeit von Untersuchungen über Duct-Ausbreitungen im Bereich II aufgezeigt worden. Insbesondere handelt es sich dabei um Ausbreitungswege über See, die zu erheblichen Interferenzproblemen führen können. Erste Messungen aus dem Iran und Israel für Ausbreitungswege von etwa 350 km Länge wurden analysiert. Danach lassen sich zwei Perioden unterscheiden: Im Sommer werden große stabile Pegel und im Winter kleine stabile Pegel registriert. Der Unterschied der beiden Medianwerte beträgt etwa 40 dB. Die Feldstärken für 1 % der Zeit überschreiten in den Sommermonaten die Freiraumausbreitung.

In Anbetracht der aufgezeigten großen Abweichungen von den bestehenden Seeausbreitungskurven und des bevorstehenden 2. Teils der UKW-Planungskonferenz 1984 werden die betreffenden Länder am östlichen Mittelmeer, am Roten Meer, im Bereich des Schatt el Arab sowie des Golfs von Oman aufgefordert, sich an einem Meßprogramm zu beteiligen, das besonders die Seeausbreitung über Entfernungen von 300 bis 1000 km beinhaltet. Aus den monatlichen Verteilungen der Feldstärke sollte der Wert für das 1 %-Zeitquantil ermittelt werden. Die Messungen sollen über einen möglichst langen Zeitraum, mindestens aber bis September 1983 durchgeführt werden. Erste Ergebnisse sollten zur Zwischentagung der Studienkommission 5 vorliegen.

Wegen der dringenden Notwendigkeit für die bevorstehende UKW-Planungskonferenz empfiehlt die IWP 5/5 anhand der vorliegenden ersten Ergebnisse für die Duct-Ausbreitung über See, für 1 % der Zeit einen Feldstärkewert anzusetzen, der demjenigen für Freiraumausbreitung entspricht. Nähere Angaben werden bis zum 2. Teil der Planungskonferenz aufgrund der erwähnten Messungen möglich sein.

6. Ausblick

Die Zwischentagung der Studienkommission 5 im November 1983 wird sich eingehend mit den von der IWP 5/5 dargelegten Problemen und den angeführten kurzfristigen und langfristigen Lösungsvorschlägen zu befassen haben. Eine grundsätzliche Revision der Empfehlung 370-4 und des Berichtes 239-5 scheint insbesondere für den VHF-Bereich nicht nur wünschenswert, sondern auch notwendig zu sein.

Armin Lau
Institut für Rundfunktechnik, München

SCHRIFTTUM

[1] C C I R : VHF und UHF propagation curves for the frequency range from 30 MHz to 1000 MHz. Rec. 370-4, XVth Plenary Assembly, Geneva 1982, Vol. V, S. 207 bis 232. Hrsg. v. d. UIT, Genf 1982.

[2] C C I R : Propagation statistics required for broadcasting services using the frequency range 30 to 1000 MHz. Rep. 239-5, XVth Plenary Assembly, Geneva 1982, Vol. V, S. 232 bis 244. Hrsg. v. d. UIT, Genf 1982.

[3] C C I R : Methods and statistics for estimating field-strength values in the land mobile services using the frequency range 30 MHz to 1 GHz. Rep. 567-2, XVth Plenary Assembly, Geneva 1982, Vol. V, S. 253 bis 268. Hrsg. v. d. UIT, Genf 1982.

[4] W o l f , P. e t a l .: Schlußtagungen der Studienkommissionen 1, 5, 6, 10, 11 und CMTT des CCIR. Rundfunktech. Mitt. 25 (1982), S. 274 bis 288.

DIE 4. TAGUNG DER UER-ARBEITSGRUPPE R

GENF, 14. UND 15. FEBRUAR 1983

Die 4. Tagung der UER-Arbeitsgruppe R fand am 14. und 15. Februar 1983 in Genf statt. Den Vorsitz hatte H. Eden, IRT. Erwartungsgemäß standen die Beratungen größtenteils unter dem Einfluß der bevorstehenden Planungskonferenzen, wobei der 2. Teil der UKW-Planungskonferenz und die erste Sitzungsperiode der Kurzwellenplanungskonferenz hervorzuheben sind. Hauptaufgabe der Arbeitsgruppe R ist es, die Arbeit der Unterarbeitsgruppen zu koordinieren. So nahmen denn auch die Berichte aus den Unterarbeitsgruppen und die Diskussionen darüber den größten Teil des Tagungszeitraumes in Anspruch.

R1 – Terrestrischer Hörrundfunk

Bei der Unterarbeitsgruppe R1 zeichnen sich gegenwärtig drei Arbeitsschwerpunkte ab. Es handelt sich dabei um die Vorbereitung der VHF- und der HF-Planungskonferenz sowie um die Erarbeitung eines Vorschlags für ein einheitliches europäisches Datenübertragungsverfahren im UKW-Hörrundfunk. Für jeden der drei Punkte waren innerhalb der Unterarbeitsgruppe Spezialistengruppen gebildet worden, deren Arbeiten – gemessen an ihrer bisherigen Aufgabenstellung – als weitgehend abgeschlossen betrachtet werden können.

Die bisherigen Arbeitsergebnisse der Spezialistengruppe R1/FM sind überwiegend im Technischen Dokument Nr. 3236 der UER zusammengefaßt. Es enthält eine Zusammenstellung der für die Planung von VHF/FM-Sendernetzen erforderlichen Planungsparameter und -verfahren. Die Tätigkeit der Spezialistengruppe R1/FM soll sich nunmehr auf die Vorbereitung der 2. Sitzungsperiode, und zwar insbesondere auf die Vorkoordinierung der Frequenzwünsche der UER-Mitglieder konzentrieren. Zur Beschleunigung dieser Arbeiten wurde eine Ad-hoc-Gruppe gebildet, welche die Computernutzung für Planungszwecke vorbereiten bzw. verbessern soll. Dies ist besonders deshalb dringlich, weil zwischen der UER und der CEPT vereinbart wurde, die bei der UER vorhandene Rechenkapazität für die Vorkoordinierung von Frequenzanforderungen einzusetzen. Der für die Vorkoordinierung vereinbarte Zeitplan wird allerdings nur dann einzuhalten sein, wenn die beteiligten UER- bzw. CEPT-Mitgliedsländer die jeweils erforderlichen Planungsdaten auch tatsächlich rechtzeitig bereitstellen. Als nach wie vor problematisch muß die Berücksichtigung der Flugfunkdienste oberhalb 108 MHz betrachtet werden. Einerseits würde der Stand der Empfängertechnik in diesem Bereich die Reduzierung der Planungsbeschränkungen für den Rundfunk auf ein vernünftiges Maß zulassen, andererseits zeichnet sich bei der ICAO, der für die Zivilluftfahrt zuständigen Weltorganisation nicht die geringste Bereitschaft ab, die z. Z. noch in Benutzung befindlichen alten Geräte in absehbarer Zeit auszutauschen bzw. zumindest an den Stand der Technik angepaßte Minimalanforderungen für derartige neue Geräte zu formulieren.

Die Spezialistengruppe R1/HF hat das Ergebnis ihrer Arbeit im UER-Dokument SPB 203 „Technische Grund-

lagen für die Planung von Kurzwellenrundfunk" zusammengefaßt. Die Gruppe wird erst nach dem 1. Teil der HF-Planungskonferenz wieder zusammentreten, wobei eine vorherige Überarbeitung ihrer Aufgabenstellung durch die Untergruppe R1 vorgesehen ist.

Die Spezialistengruppe R1/DAT hatte im Mai 1982 augrund ihrer langjährigen Untersuchungen eine Empfehlung für ein einheitliches europäisches Datenübertragungsverfahren im UKW-Hörrundfunk ausgesprochen, der sich die Untergruppe R1 angeschlossen hatte. Feldversuche im Dezember 1982 in der Nähe von München hatten jedoch gezeigt, daß die Kompatibilität des gewählten Systems mit dem Hauptprogramm und mit einigen ARI-Decodern unzureichend ist. Diese Unzulänglichkeit hofft man durch geeignete Änderungen einiger Systemparameter beseitigen zu können. Der Nachweis dafür soll in Labor- und Feldversuchen im Laufe des Jahres 1983 erbracht werden, so daß dann einer endgültigen Systemempfehlung nichts mehr im Wege stehen dürfte.

R2 – Terrestrischer Fernsehrundfunk

Die Unterarbeitsgruppe R2 beschäftigt sich hauptsächlich mit verbesserten Systemen der Fernsehbild- und Fernsehtonübertragung sowie der Fernsehsendernetzplanung. Bei der Verbesserung der Bild- und Tonübertragung geht es ausschließlich um die kompatible Nutzung der in herkömmlichen Fernsehsignalen vorhandenen Redundanz. High-definition television (HDTV), d. h. hochauflösende Breitbandfernsehsysteme sind bei diesen Betrachtungen ausgeschlossen. Der Leitgedanke dabei ist, daß der terrestrische Fernsehrundfunk nach Möglichkeit von Verbesserungen der Bild- und Tonqualität, wie sie beim Satellitenfernsehen zu erreichen sein werden, nicht grundsätzlich ausgeschlossen werden sollte. Vielmehr sollte versucht werden, die Eigenschaften von Satelliten-Fernsehempfängern für die Verbesserung der Qualität beim terrestrischen Fernsehen auszunutzen. An geeignete Maßnahmen beim terrestrischen Fernsehen kann daher frühestens dann gedacht werden, wenn Satelliten-Fernsehempfänger in genügend großer Stückzahl zur Verfügung stehen.

Für die Fernsehsendernetzplanung hatte die Untergruppe R2 – teilweise mit Hilfe der Spezialistengruppe R2/EP – eine Reihe von CCIR-Beiträgen erarbeitet, bei denen es hauptsächlich um Schutzabstandsfragen innerhalb des gleichen oder zwischen verschiedenen Fernsehsystemen sowie um Probleme der gemeinsamen Frequenzbenutzung (sharing) mit anderen Funkdiensten geht.

Für die Untersuchung von Frequenzplanungsmethoden wurde eine weitere Spezialistengruppe mit der Bezeichnung R2/MP gebildet. Die Ergebnisse dieser Gruppe sollen gemeinsam mit denen der Spezialistengruppe R2/EP in einem Technischen UER-Dokument zusammengestellt und etwa 1985 veröffentlicht werden. Mit einem entsprechenden Beitrag hofft man, auch beim CCIR entsprechende Aktivitäten anregen zu können.

Auf die Notwendigkeit von Untersuchungen zum Problem der Störungen des terrestrischen Fernsehrundfunks durch Satellitenrundfunk im Frequenzberich 620 bis 790 MHz wurde hingewiesen. Dabei wurde angezweifelt, ob Messungen in Europa an den derzeit in diesem Bereich arbeitenden Satelliten überhaupt sinnvoll sind, da die ankommenden Wellen nur unter extrem niedrigen Erhebungswinkeln empfangbar sind. Zur Zeit treten zwar noch keine Probleme auf, sie können aber im Falle von Leistungserhöhungen oder bei Inbetriebnahme weiterer Satelliten in weniger entfernten Orbitpositionen nicht ausgeschlossen werden.

R3 – Satellitenrundfunk

Die wichtigsten Arbeitsgebiete der Unterarbeitsgruppe R3 sind der Satellitenrundfunk im Bereich um 12 GHz, Satelliten-Hörrundfunk im Bereich um etwa 1000 MHz sowie Übertragungsprobleme bei Verwendung von hochauflösenden Breitbandfernsehsystemen. Da es sich dabei größtenteils um neue Techniken handelt, erfolgt in diesem Bereich eine enge Zusammenarbeit mit der UER-Arbeitsgruppe V.

Beim 12-GHz-Satellitenrundfunk werden in Zusammenarbeit mit der Arbeitsgruppe V die Möglichkeiten zur Standardisierung der Bild- und Tonsignale untersucht, wobei gegenüber den herkömmlichen terrestrischen Fernsehsystemen eine verbesserte Übertragungsqualität angestrebt wird (z. B. Multiplexed Analogue Components, MAC). Dabei sollen die Möglichkeiten, welche die Satellitenübertragungstechnik bietet, voll genutzt und Fragen der Kompatibilität mit den vorhandenen terrestrischen Übertragungssystemen nur soweit wie möglich berücksichtigt werden. Über Rückwirkungen auf die Entwicklung der terrestrischen Systeme wurde bereits im Zusammenhang mit der Untergruppe R2 berichtet.

Das Hauptproblem beim Satelliten-Hörrundfunk im Bereich um etwa 1 GHz ist das Fehlen einer geeigneten Frequenzzuweisung. Die nächste Gelegenheit für die Zuweisung eines geeigneten Frequenzbereiches bietet sich dem Beschluß der WARC 1979 zufolge während des für 1985 angesetzten 1. Teils der Weltweiten Funkverwaltungskonferenz zur Nutzung des geostationären Orbits. Es soll daher über die nationalen Fernmeldeverwaltungen versucht werden, das Thema auf die Tagesordnung dieser Konferenz zu bringen. In einen von der Untergruppe R3 angeregten CCIR-Beitrag zu diesem Thema wurden die in der Untergruppe R4 erarbeiteten, den Leistungsbedarf bei 1500 MHz betreffenden Vorschläge eingearbeitet.

Zu den hochauflösenden Fernsehsystemen (HDTV) lag von der Untergruppe R3 der Entwurf eines CCIR-Berichtes vor. Darin werden die Leistungsbilanzen für die verschiedenen zur Verfügung stehenden Frequenzbereiche (12 GHz, 23 GHz, 42 GHz) einander gegenübergestellt und die sich daraus ergebenden Konsequenzen aufgezeigt. Die Arbeitsgruppe R stellte im Zusammenhang mit der Verabschiedung dieses Beitrags fest, daß es in höchstem Maße wünschenswert wäre, wenn die in den Regionen 2 und 3 erfolgte Zuweisung des Frequenzbereiches von 22,5 bis 23 GHz für Zwecke des Satellitenrundfunks auf die Region 1 ausgedehnt würde.

R4 – Wellenausbreitung

Aus dem Bereich der Wellenausbreitung fanden erwartungsgemäß die Probleme im VHF-Bereich das größte Interesse. Hier ergeben sich noch immer Schwierigkeiten bei der Bereitstellung von zuverlässigen Ausbreitungsdaten für die VHF-Planungskonferenz. Der Vorsitzende der Unterarbeitsgruppe R4 hat gleichzeitig in der beim CCIR zuständigen Interim-Arbeitsgruppe IWP 5/5 den Vorsitz, so daß eine intensive Zusammenarbeit zwischen diesen beiden Gruppen sichergestellt ist. Die Beseitigung der offen zutagegetretenen Mängel in der CCIR-Empfehlung 370-4 und dem CCIR-Bericht 239-5 gestaltet sich insofern schwierig, weil die Quellen für die dort präsentierten Daten zeitlich weit zurückliegen und daher schwer zugänglich sind und auch weil die Beschaffung neuer Primärdaten mit genügend fundierter statistischer Zuverlässigkeit kurzfristig nicht möglich ist. Für die gemeinsame Arbeit der Untergruppe R4 und der CCIR-Interim-Arbeitsgruppe (IWP) 5/5 sind drei Phasen vorgesehen. Zunächst soll die Entstehung der Ausbreitungskurven und der dazugehörigen Korrekturgrößen

soweit wie möglich zurückverfolgt und analysiert werden. Danach werden deren Anwendbarkeitsgrenzen bestimmt. In einem letzten Schritt sollen schließlich Modifikationsvorschläge für die CCIR-Empfehlung 370-4 und den CCIR-Bericht 239-5 formuliert werden.

Die Aktivitäten der Untergruppe R4 in den übrigen Rundfunkfrequenzbereichen wurden von der Arbeitsgruppe R praktisch kommentarlos zur Kenntnis genommen. Allgemein beklagt wurde der Mangel an Bereitschaft zu umfangreicheren Meßaktionen auf dem Gebiet der Wellenausbreitung, was u. a. auch darin seine Ursache haben dürfte, daß die meßtechnische Untersuchung der interessierenden Phänomene wegen der Überbelegung der Frequenzbereiche bzw. wegen des Mangels an geeigneten ungestörten Kanälen meist nicht möglich ist.

R5 – Kabel-Verteilung

Die Untergruppe R5 hat ihre Aktivitäten in letzter Zeit erheblich verstärkt. Das mag einmal die Folge des Beitritts der Betreiber von Kabelverteilanlagen zur UER sein, stärkere Impulse dürften jedoch von der näherrükkenden Einführung neuer Techniken im Zusammenhang mit dem Satellitenrundfunk ausgehen. Satellitensignale können in der Regel auch außerhalb des vorgesehenen Gebietes empfangen werden. Ihre in naher Zukunft notwendig werdende Weiterleitung in Kabelverteilanlagen wird nur dann ohne Qualitätseinbußen in großem Rahmen möglich sein, wenn bei der Errichtung solcher Anlagen schon möglichst bald international vereinbarte Mindestanforderungen berücksichtigt werden können. Bisher gab es auf diesem Gebiet bestenfalls einheitliche nationale Richtlinien.

Zunächst ist nunmehr an eine Bestandsaufnahme in den Mitgliedsländern der UER mit anschließender Auswertung gedacht. Danach soll dann versucht werden, die Minimalanforderungen an derartige Anlagen zunächst für den Fernsehbereich und später auch für den Tonbereich zu formulieren.

R6 – Elektromagnetische Kompatibilität und Maßnahmen gegen Störungen

Es lag ein Bericht der Untergruppe R6 über deren letzte Tagung im Juni 1981 vor. Er wurde vom Vorsitzenden der Arbeitsgruppe R erläutert, da der Untergruppenvorsitzende aus gesundheitlichen Gründen nicht zugegen war. Zu einer Aussprache über neuere Entwicklungen in diesem Bereich kam es nicht, da entsprechende Informationen nicht gegeben werden konnten.

R/HF – Kurzwellenplanung

Die der Arbeitsgruppe R direkt zugeordnete Spezialistengruppe R/HF hat ein Dokument (SPB 204) mit den UER-Leitlinien für die Kurzwellenplanungskonferenz vorgelegt, das bereits vom Büro der Technischen Kommission der UER gebilligt worden war. Aufbauend auf den von der Untergruppe R1 erarbeiteten Grundlagen für die Kurzwellenrundfunkplanung (SPB 203) werden darin neben den Spezifikationen für Ein- und Zweiseitenbandübertragung insgesamt vier Planungsmethoden dargestellt. Die Arbeit der Spezialistengruppe R/HF kann vorläufig als beendet betrachtet werden. Von einer Auflösung wurde jedoch abgesehen, weil möglicherweise im Anschluß an den 1. Teil der Kurzwellenkonferenz kurzfristig die Bearbeitung von Kurzwellenplanungsproblemen auf europäischer Ebene notwendig werden kann.

Sonstiges

Die Wahrnehmung der Aufgaben der Arbeitsgruppe R soll wie bisher fortgeführt werden, wobei allerdings vorgesehen ist, den schriftlichen Meinungsaustausch unter den Mitgliedern zu intensivieren. Aus gegebenem Anlaß wurden sowohl für die Arbeitsgruppe als auch für die Unterarbeitsgruppen Stellvertreter für die Vorsitzenden nominiert, um stets einen reibungslosen Arbeitsablauf gewährleisten zu können. Die nachfolgende Tabelle zeigt eine Gliederung der gesamten Arbeitsgruppe R mit den jeweiligen Vorsitzenden und – soweit bekannt – deren Vertretern (in Klammern).

R	H. Eden (E. Schwarz)	IRT PTT	BR Deutschland Schweiz
R1	E. Schwarz (G. Petke)	PTT IRT	Schweiz BR Deutschland
R2	J. Burgstaller (M. J. C. Curley)	ORF RTE	Österreich Irland
R3	Dr. G. J. Phillips (N. N.)	BBC	Großbritannien
R4	H. Berthod (R. J. Byrne)	TDF IBA	Frankreich Großbritannien
R5	E. Gavilan (F. Angeli)	RTVE RAI	Spanien Italien
R6	Dr. D. Schwarze (N. N.)	SDR	BR Deutschland

Die nächste Tagung der Arbeitsgruppe R wird turnusgemäß in etwa 2 Jahren stattfinden. Ort und Zeit wurden noch nicht festgelegt.

Bernd Raufmann
Institut für Rundfunktechnik, München

TAGUNGEN UND AUSSTELLUNGEN

Termine

18. 5. – 20. 5. 1983 Garmisch-Partenkirchen	NTG-Fachtagung Elektronenröhren
23. 5. – 2. 6. 1983 Montreux	13. Internationales Fernseh-Symposium und Technische Ausstellung
8. 6. – 10. 6. 1983 Chicago	ICCE International Conference on Consumer Electronics
9. 6. – 14. 6. 1983 Mailand	16. salone internazionale della musica e high fidelity e international video consumer electronics show
27. 6. – 1. 7. 1983 London	BKSTS 83 Internationale Ausstellung für Film- und Fernsehtechnologie
2. 9. – 11. 9. 1983 Berlin	Internationale Funkausstellung
5. 9. – 9. 9. 1983 Nürnberg	EuMC 13th European Microwave Conference
3. 10. – 7. 10. 1983 Kleinheubach	Jahrestagung des U.R.S.I.-Landesausschusses
23. 10. – 26. 10. 1983 Genf	ECOC 9th European Conference on Optical Communication
26. 10. – 1. 11. 1983 Genf	TELECOM 83 4. Weltausstellung der Telekommunikation
9. 11. – 15. 11. 1983 Düsseldorf	INTERKAMA 83

BUCHBESPRECHUNGEN

Schaltnetzteile, Motorsteuerungen und ihre speziellen Bauteile. Von Otto Macek. 312 Seiten, 266 Bilder, zahlreiche Tabellen, Format 21 cm x 15 cm, kartoniert, Dr. Alfred Hüthig Verlag, Heidelberg 1982, Preis 54,80 DM, ISBN 3-7785-0706-0.

Schaltnetzteile. Grundlagen, Entwurf, Schaltungsbeispiele. Aus der Reihe: Kontakt und Studium. Hrsg. Joachim Wüstehube. 2., überarbeitete Auflage. 512 Seiten, 16 Seiten Nomogramme als Beiheft, zahlreiche Bilder und Tabellen, Format 21 cm x 14,5 cm, kartoniert, VDE-Verlag, Berlin 1982, Preis 69,50 DM, ISBN 3-8007-1261-X.

Die gesicherte und wirtschaftliche Versorgung elektrischer und elektronischer Schaltungen mit Spannungen ausreichender Stabilität ist ein zentrales Problem. Das wird in spektakulärer Weise deutlich, wenn man beispielsweise in der Presse liest, daß der Erfolg von Raumfahrtunternehmungen teilweise oder sogar ganz in Frage gestellt ist, „nur" weil irgendeine relativ „einfache" Netzversorgung ausgefallen ist. Die Technologie elektronisch stabilisierter Netzteile ist deshalb in ständigem Fluß.

Als Alternative zu den „klassischen" Analognetzteilen mit Längsstabilisierung, die durch hohe Genauigkeit und Regelgeschwindigkeit, aber ungünstigen Wirkungsgrad und größeres Gewicht gekennzeichnet sind, haben sich Schaltnetzteile in den letzten Jahren immer weiter durchgesetzt. Ihr Vorteil liegt im kleineren Leistungsgewicht und dem besseren Wirkungsgrad. Er wird erkauft durch höhere Restwelligkeit und schlechtere dynamische Eigenschaften. Ermöglicht wurde diese Technologie vor allem dadurch, daß Hochspannungs-Schalttransistoren und verbesserte Ferritwerkstoffe für Transformatoren und Drosseln auf den Markt kamen.

Die zusammenfassende Literatur zum Thema Schaltnetzteile ist naturgemäß noch nicht sehr alt und umfangreich, so daß es erlaubt sein möge, die beiden vorliegenden Werke, die vom Umfang des behandelten Stoffs und vom Preis her in ähnlicher Größenordnung liegen, vergleichend zu rezensieren.

Das Buch von Macek ist als systematische Einführung in die Bemessung von Schaltnetzteilen und in das Verständnis für die speziellen Bauteile konzipiert. Es wendet sich an Ingenieure, Techniker und Studierende der Elektrotechnik und, sofern es um Probleme der elektrischen Motorsteuerung in Industrierobotern und Elektrofahrzeugen geht, auch des Maschinenbaus. Das Werk von Wüstehube – erstmals 1979 erschienen – enthält Beiträge von insgesamt 9 Autoren und wendet sich hauptsächlich an den Entwickler von Schaltnetzteilen. Es ist so aufgebaut, daß es sich zum Selbststudium für jeden elektrotechnisch Vorgebildeten, aber auch als Nachschlagewerk für den erfahrenen Fachmann eignet. Beide Bücher behandeln nur primär getaktete Schaltnetzteile.

Die Systematisierung und die behandelten Themenkreise unterscheiden sich zum Teil, sind an anderen Stellen aber fast gleich. Bei Macek werden die Schaltnetzteile grob unterteilt in Drosselwandler und Transformatorwandler. Beide Gruppen sind weiter aufgegliedert in ungeregelte und geregelte Schaltungen. Die Transformatorwandler sind schließlich unterschieden in Sperrwandler, Durchflußwandler, Brückenwandler usw. Wüstehube wählt als Gliederung die beiden Gruppen Durchflußwandler und Sperrwandler und behandelt innerhalb dieser Kapitel die speziellen Probleme eines jeden Typs. Bei Macek findet man ein Kapitel über Motorregelung, zu dem es bei Wüstehube kein Gegenstück gibt. Beide Bücher befassen sich mit integrierten Steuerschaltungen, wobei Macek die innere Funktionsweise ausführlicher beschreibt. Breiter Raum ist in beiden Werken den Schalttransistoren gewidmet (sicherer Arbeitsbereich SOAR, Schaltverhalten usw.). Macek geht ausführlicher auf die Transistortechnologie ein.

Ein Kapitel über Transformatoren, Speicherdrosseln und Ausgangskondensatoren ist in beiden Büchern vorhanden. Wüstehubes Werk enthält ein Beiheft mit Nomogrammen zur praktischen Dimensionierung von Transformatoren und Drosseln, vor allem auf der Basis der EC-Kern-Reihe. Macek ist hier nicht so praxisbezogen, gibt aber einen Überblick über weitere Kerntypen.

Die Funkentstörung wird bei Macek geschlossen behandelt, bei Wüstehube mehr auf den speziellen Anwendungsfall bezogen. Den größten Unterschied zeigen beide Werke in den praktisch ausgeführten Beispielen. Während Macek hier nicht sehr ins Detail geht, sind bei Wüstehube eine Reihe ausführlich diskutierter Schaltnetzteile verschiedener Leistungen vorhanden, die direkt oder modifiziert nachbaubar sind.

Beide Bücher besitzen zwar eine Reihe von Überschneidungen, ergänzen sich aber aufgrund ihrer unterschiedlichen Zielsetzungen recht gut. Demjenigen Leser, der sich einführend mit der Materie befassen möchte, ist vielleicht mehr das Werk von Macek zu empfehlen, der Geräteentwickler findet mehr Informationen für seine Tätigkeit im Buch von Wüstehube. Wer es sich leisten kann, sollte sich beide Werke anschaffen.

Bodo Morgenstern

Praktischer Aufbau und Prüfung von Antennenanlagen. Von Herbert Zwaraber. 5., wesentlich geänderte und erweiterte Auflage. 141 Seiten, 131 Bilder, 7 Tabellen, Format 21 cm x 15 cm, kartoniert, Dr. Alfred Hüthig Verlag, Heidelberg 1982, Preis 19,80 DM, ISBN 3-7785-0741-9.

Die Herausgabe der 5. Auflage dieses Buchtitels über Antennenanlagen, der den Praktiker des Antennenbaus anspricht, beweist Interesse und Nachfrage. In den zeitlichen Abständen, in denen neue Techniken des Rundfunks und Fernsehens zu berücksichtigen waren, erfuhr das Buch eine Erweiterung und Neubearbeitung, um sich dem Stand der Technik anzupassen. Wichtiger Bestandteil der 5. Auflage sind die aktuellen Themen des Satellitenempfangs, des Kabelfernsehens und der Breitbandkommunikation. Dieses Büchlein ist kein Lehrbuch im üblichen Sinn, sondern es vermittelt dem Antennenbauer das notwendige technische und handwerkliche Fachwissen; ebenso macht es ihn vertraut mit den entsprechenden Vorschriften der Deutschen Bundespost und des VDE.

Günter Potschkat

Pulstechnik. Band I: Grundlagen. Von E. Hölzler und H. Holzwarth. 2. Auflage. XVI, 422 Seiten, 176 Bilder, Format 24 cm x 16 cm, gebunden, Springer-Verlag, Berlin–Heidelberg–New York 1982, Preis 138,– DM bzw. 64.30 US$, ISBN 3-540-10903-X.

Das erstmals 1957 erschienene Buch „Theorie und Technik der Pulsmodulation" galt von Anfang an als Standardwerk der Pulstechnik. Eine Wiederauflage des Werkes mit dem Titel „Pulstechnik" brachte bereits eine Teilung in zwei Bände mit sich. In erster Auflage erschien 1975 Band I mit dem Untertitel „Grundlagen" und 1976 Band II „Anwendungen und Systeme".

Die nun vorliegende zweite Auflage des Buches „Pulstechnik, Band I: Grundlagen" wurde erneut durchgearbeitet, vereinfacht und ergänzt. Schon beim ersten Durchsehen fällt auf, daß es sich in zwei Hauptabschnitte a) die Grundlagen der Pulstechnik und b) die Beschreibung der verschiedenen Pulsmodulationsarten gliedern läßt.

In der Einleitung, die einen Überblick über die Pulstechnik gibt, wird diese als Vorgang bezeichnet, dessen Ablauf sich zwar periodisch wiederholt, dessen Form aber meist alles andere als sinusförmig ist. Fourier hat zuerst solche Vorgänge mathematisch beschrieben, und dieser Darstellung ist auch das Kapitel „Signalbeschreibung im Zeit- und Frequenzbereich für zeitkontinuierliche Vorgänge" gewidmet. Der nächste Abschnitt beschreibt dies für „Zeitdiskrete Vorgänge" und beschäftigt sich mit der diskreten und der schnellen Fouriertransformation, der Z-Transformation und den Grundlagen digitaler Filter. Anschließend werden verschiedene „Abtasttheoreme" behandelt. Ein weiterer Abschnitt befaßt sich mit „Speziellen Pulsen und Verformungsproblemen". Hier werden Grundprobleme der Signalübertragung von Pulsen, wie Bandbegrenzung und das Verhalten von Netzwerken, verständlich dargestellt. Danach werden „Stochastische Vorgänge", „Analog-Digital-Umsetzung, Quantisierung und Codierung" sowie „Informationstheoretische Grundlagen" erläutert.

Die letzten beiden Kapitel sind der Modulation gewidmet mit den Titeln „Pulsmodulation" und „Digitale Modulation". Darin werden die Grundlagen der verschiedenen Modulationsarten beschrieben und es wird auf spezielle Eigenheiten eingegangen. Ein umfangreiches Literatur- und Sachverzeichnis ist am Schluß dieses Buches zu finden.

Die Verfasser haben in diesem Werk versucht, ein Buch zu schaffen, das „entspezialisiert" ist. Es wurde Wert darauf gelegt, daß es dem Ingenieur als Handwerkszeug dienen kann und es darf wohl gesagt werden, daß es jedem, der mit Pulstechnik zu tun hat, ein wertvolles Nachschlagewerk ist.

Alfred Schaumberger

Computereien. Heiteres aus der Welt der Computer und Elektronik. Hrsg. Hans-Alfred Herchen. 96 Seiten, zahlreiche Illustrationen, Format 19 cm x 12,5 cm, gebunden, Verlag Haag + Herchen, Frankfurt 1982, Preis 8,80 DM, ISBN 3-88129-527-5.

Dieses Büchlein enthält eine Sammlung von Witzen, Begebenheiten und kurzen Erzählungen, die sich mit dem Thema Computer beschäftigen. Die im Titel angesprochene Elektronik tritt nur am Rande in Erscheinung, sofern man davon absieht, daß in jedem Computer Elektronik steckt.

Leider wirken nur einige der Beiträge erheiternd, die vom Umgang mit einem Computer und den daraus resultierenden unerwarteten oder lustigen Ergebnissen berichten. Viele der Witze und Episoden erscheinen konstruiert und nicht sehr originell. Der Computer antwortet meistens so, als ob er ein einfältiges selbst denkendes Wesen wäre und nicht von Menschen programmiert wird. Ein dummer, aber doch unheimlicher Rechenroboter. Der Witz geht bei manchen Beiträgen auch dadurch verloren, daß ein längst veralteter Stand der Technik angenommen wird, mit dem die heute in Gebrauch befindlichen Computer nicht mehr zu vergleichen sind. Was auf diesem Gebiet vor einem Jahrzehnt noch Lachen hervorrief, wirkt jetzt höchstens noch lächerlich. Als Auflockerung bietet das Büchlein eine Reihe karikaturistischer Zeichnungen, deren Aussagen dem Titel näherstehen als die Textbeiträge.

Martin Wäger

Transistor-Elektronik. Anwendung von Halbleiterbauelementen und integrierten Schaltungen. Von Karl-Heinz Rumpf und Manfred Pulvers. 8., stark bearbeitete Auflage. 308 Seiten, 357 Bilder, 23 Tabellen, Format 24,5 cm x 18 cm, Leineneinband, VEB Verlag, Berlin 1982, Preis 33,– DM, Bestellnummer 553 084 9.

Das vorliegende Buch zählt inzwischen zu den regelmäßig neu aufgelegten Werken. Die 6. Auflage wurde in dieser Zeitschrift 1977 bereits einmal rezensiert. Inzwischen ist die 8. Auflage erschienen, in der die Fortschritte in der internationalen Normung und in der Technologie ihren Niederschlag gefunden haben. Die bewährte Systematik früherer Auflagen wurde beibehalten und die meisten Kapitel durchgesehen und aktualisiert. So findet der Leser in den ersten Kapiteln wiederum die Grundlagen der physikalischen Halbleiterbauelemente,

der Linearverstärker und der monolithisch integrierten Operationsverstärker. Die folgenden Themenkreise – nämlich Grundlagen der Digitaltechnik und Bausteine der Digitaltechnik – stellen sich in neuer Form dar und machen einen wesentlichen Teil des Buches aus.

In den nachfolgenden Kapiteln über die Störsicherheit von digitalen Systemen und über Baugruppen der Digitaltechnik (z. B. Codierer, Zähler, Speicher und Rechenwerke) wurde die alte Systematik beibehalten.

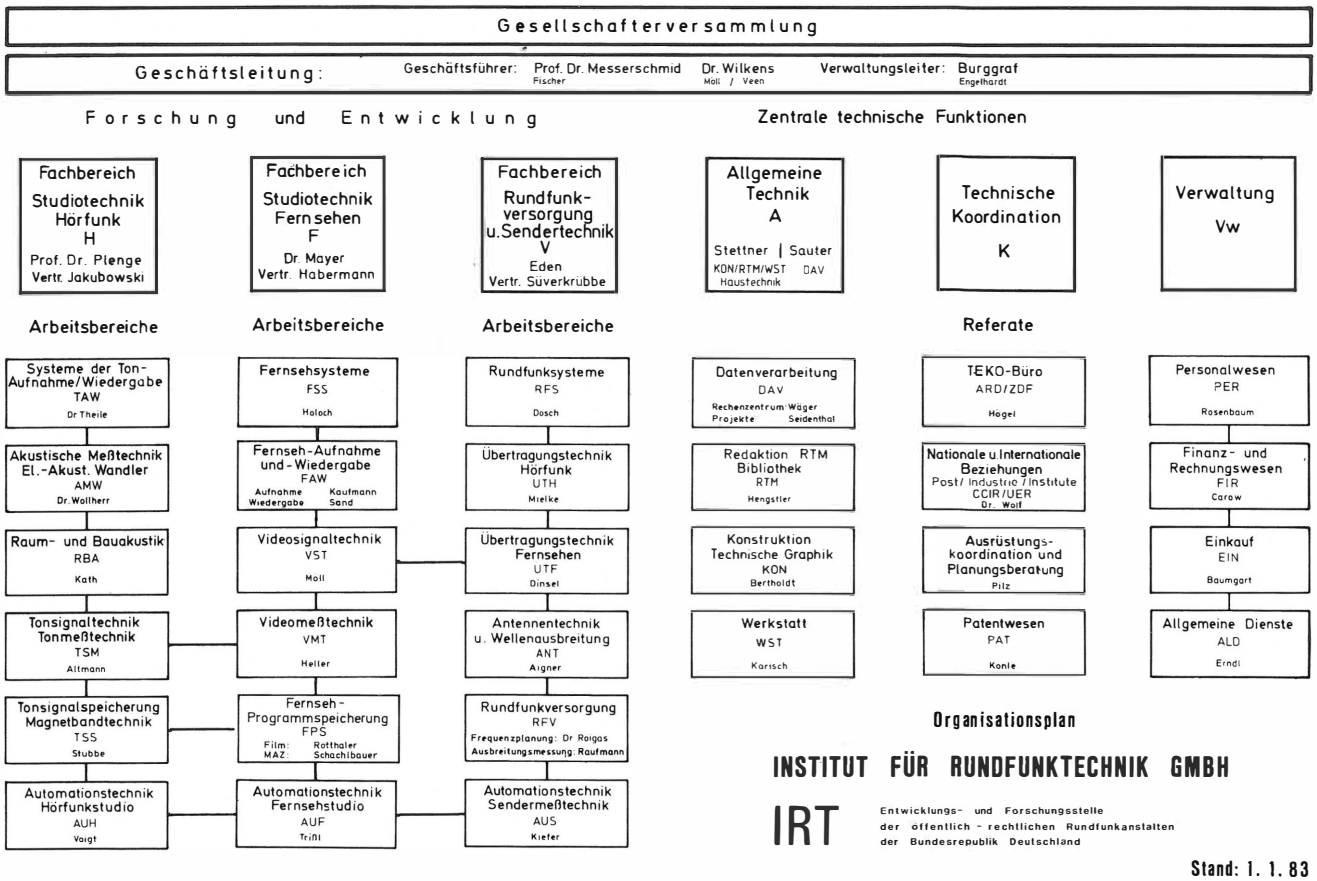
Der Leser gewöhnt sich schnell an die leichten Unterschiede, die zwischen den hier verwendeten TGL- und den gewohnten DIN/IEC-Normen bestehen. Ihm wird mit diesem Werk ein Buch in die Hand gegeben, das Verständnis moderner Mikroelektronik in übersichtlicher Form vermittelt und das sich trotz der Qualitätssteigerung in Inhalt und Äußerem durch einen fast unverändert günstigen Preis auszeichnet.

Bodo Morgenstern

NACHRICHTEN

Organisationsplan des IRT ab 1. 1. 1983

Am Organisationsplan des IRT sind infolge von Pensionierungen und sonstigen personellen und sachlichen Veränderungen einige Anpassungen und Korrekturen erforderlich geworden. Insbesondere erhielt der Fachbereich Studiotechnik Fernsehen den neuen Arbeitsbereich Fernsehsysteme, in dem die Forschungsarbeiten zur Bildverbesserung (Satellitenübertragung, Hochzeilenfernsehen) zusammengefaßt wurden. Nachfolgend zeigen wir den Stand vom 1. 1. 1983. Direktor des IRT ist ab 1. 1. 1983 als Nachfolger von Herbert Fix Prof. Dr.-Ing. Ulrich Messerschmid; neuer Direktor am IRT ist Dr.-Ing. Henning Wilkens (früher Heinrich-Hertz-Institut in Berlin).



Der erste deutsche Farb-Ü-Wagen rollte in den Ruhestand

Der im Jahre 1967 von der damaligen Fernseh GmbH (heute Robert Bosch GmbH) für den Norddeutschen Rundfunk gebaute erste deutsche Übertragungswagen für Farbfernsehen (siehe unser Bild), der 1972 von der Studio Hamburg Atelier GmbH übernommen wurde, fuhr jetzt in den Ruhestand. Vom Studio Hamburg aus führte ihn am 15. Februar 1983 bei einem Tachometerstand von 80 000 km seine letzte Fahrt nach München, wo er im Deutschen Museum künftig Zeugnis ablegen wird von der rasanten technischen Entwicklung auf dem Gebiet des Farbfernsehens.

Auf der 25. Deutschen Funkausstellung 1967 drückte der damalige Vizekanzler Willy Brandt in diesem „FÜ 1" auf den berühmten roten Knopf, mit dem der NDR das Zeitalter des Farbfernsehens in der Bundesrepublik eröffnete. Der 22 t schwere Ü-Wagen (Länge 12 m, Breite 2,5 m, Höhe 3,8 m) kostete 2,5 Mio. DM und war für die damalige Zeit mit modernster Technik ausgestattet:

4 Philips-Farbkameras (mit 3 Plumbikons für R, G, B und mit Variooptiken), 1 Schwarzweißkamera, Bildregie mit 12 Schwarzweiß-Vorschaumonitoren, 2 Farbmonitoren, 6fach-Überblender, Trickmischer, Chromakey, Farb- und Schwarzweiß-Schriftzusetzer, Cox-Box. Das Tonmischpult (Sitral-Technik, Siemens) hatte 40 Eingänge, 24 Pegelsteller und 4 Ausgänge. Hallweg, Verzerrer, Begrenzer und 2 Vollspur-Tonbandgeräte ergänzten die tontechnische Einrichtung. Die Redaktion

RUNDFUNKVERSORGUNG IN DER BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND UND IN BERLIN (WEST)

Ultrakurzwellensender

Inbetriebnahmen

Von den Rundfunkanstalten wurden folgende Ultrakurzwellensender in Betrieb genommen:

Station	Programm	Kanal	Frequenz MHz	Leistg. ERP kW	Pol.	Azimut Grad	Tag der Inbetriebnahme
Bayerischer Rundfunk							
Landshut-Altdorf	4SG	21	93,2	0,1	H	140	1. 2. 83
Westdeutscher Rundfunk							
Bonn	1S	46	100,9	5	H	ND	24. 11. 82
Warburg	1S	24	94,3	0,5	H	300	21. 12. 82
Warburg	2S	16	91,8	0,5	H	300	21. 12. 82
Warburg	3S	5	88,4	0,5	H	300	21. 12. 82

Fernsehsender

Inbetriebnahmen

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

Station	Kanal	Offset	Leistg. ERP W	Pol.	Azimut Grad	Tag der Inbetriebnahme
Bayerischer Rundfunk						
Geigant	29	0	40	HHH	130; 300; 45	2. 3. 83
Glattbach	55	2M	6	HH	353; 85	24. 2. 83
Hessischer Rundfunk						
Wanfried-Aue	51	0	20	H	304	22. 11. 82
Norddeutscher Rundfunk						
Neumünster	28	8M	200 kW	H	180	21. 2. 83
Südwestfunk						
Algenrodt	36	0	4	V	45	15. 12. 82
Birkenhördt	56	8P	25	H	300	17. 12. 82
Brücken II	38	0	0,2	HH	150; 240	24. 11. 82
Clausen	57	0	2	H	40	21. 12. 82
Gammertingen	9	6P	1	H	345	25. 10. 82
Haslach b. Rot	23	0	9	V	345	6. 10. 82
Hefersweiler	57	2P	1	H	270	26. 11. 82
Hirschthal	55	0	0,1	HH	80; 170	23. 11. 82
Lindenberg	51	6P	5	H	95	11. 2. 83
Ludwigswinkel	22	1P	20	H	180	20. 12. 82
Marienthal	52	8P	1,5	H	150	25. 11. 82
Mehlbach	52	0	0,5	H	90	25. 11. 82
Neustadt-Land	25	2P	75	HH	330; 240	17. 12. 82
Rot a. d. Rot	25	6M	24	V	190	5. 10. 82
Schönau/Pfalz	49	0	1	H	245	23. 11. 82
Tieringen	29	3M	12	H	275	1. 12. 82
Zweibrücken-Wattweiler	57	0	1	H	300	24. 11. 82
Westdeutscher Rundfunk						
Bödexen	43	8M	12	H	250	10. 12. 82
Ederkopf	50	8M	50 kW	H	ND	25. 11. 82
Hahnenberg	57	0	40	V	100	1. 9. 82
Wennemen	55	0	20	HH	65; 165	18. 11. 82

Änderungen

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

Station	Kanal	Offset	Leistg. ERP W	Pol.	Azimut Grad	Tag der Änderung
Südwestfunk						
Ulmet	7	**2M**	1	HH	230; 350	15. 12. 82
Westdeutscher Rundfunk						
Mützenich	6	0	**35**	V	143	22. 8. 82
Wenholthausen	7	0	0,5	H	**215**	26. 6. 82

PERSÖNLICHES

Walter Bruch 75 Jahre alt

Eine der bekanntesten Persönlichkeiten auf dem Gebiet der Fernsehtechnik feierte am 2. März 1983 seinen 75. Geburtstag: Professor Dr.-Ing. E. h. Walter Bruch, der Erfinder und Entwickler des PAL-Farbfernsehsystems, das inzwischen in 65 Staaten rund um den Erdball eingeführt wurde und seiner Arbeit weltweite Anerkennung verschaffte.

Die erste Berührung mit der Fernsehtechnik hatte Walter Bruch bereits in der zweiten Hälfte der 20er Jahre, als er sich noch während seiner Studienzeit in Berlin mit Experimenten auf dem Gebiet des Fernsehens befaßte, das sich damals gerade im Anfangsstadium seiner Entwicklung befand. Unmittelbar nach dem Studium findet man ihn im Umfeld namhafter Pioniere der deutschen Fernsehtechnik wieder. Seine ersten Sporen verdiente sich Walter Bruch in dem von Dénes von Mihaly gegründeten Fernsehlabor. Auf der Funkausstellung 1935 stellte er seine exzellenten Fähigkeiten im Entwerfen komplizierter Geräte durch die Vorführung eines 90zeiligen Spiegelkranzabtasters unter Beweis. Einige Zeit später treffen wir Walter Bruch im Laboratorium von Manfred von Ardenne, wo er sich mit der Elektronenstrahlröhre und deren Einsatzmöglichkeiten in der Fernsehtechnik vertraut macht. 1935 trat er bei Telefunken ein und arbeitete dort zunächst in der von Fritz Schröter geleiteten Abteilung „Fernsehen und Physikalisch-Chemische Forschung". Bei den Olympischen Spielen 1936 in Berlin wirkte er bei der ersten Fernseh-Sportübertragung mit und bediente dort die erste Ikonoskop-Fernsehkamera, an deren Entwicklung er zuvor beteiligt war. Er erhielt 1938 den Auftrag, eine von R. Urtel entwickelte Studioausrüstung nachzubauen und damit ein erstes Fernsehstudio in Berlin einzurichten, dessen Betrieb und technische Leitung ihm dann übertragen wurden.

Auch in den nachfolgenden Kriegsjahren bearbeitete Walter Bruch immer wieder technische Aufgabenstellungen, in denen das Medium Fernsehen eine Rolle spielt. Es ist daher keineswegs verwunderlich, wenn wir ihn unmittelbar nach Kriegsende zusammen mit R. Urtel und W. Nestel im Kreis derjenigen wiederfinden, die sich darum bemühten, die zerstört am Boden liegende deutsche Fernsehtechnik aus dem Nichts heraus wieder aufzubauen. 1950 wurde Walter Bruch die Leitung der Grundlagenentwicklung bei Telefunken übertragen. Kurze Zeit danach nahm er sich des Farbfernsehens an, dem er dann wenige Jahre später durch seine geniale Erfindung und seine unermüdlichen Aktivitäten weltweit zum Durchbruch verhalf.

Den Grundstein zu diesem bemerkenswerten Siegeszug des Farbfernsehens legte Walter Bruch, als er im Januar 1963 mit einer eindrucksvollen Demonstration vor einer Gruppe von Fernsehexperten der Europäischen Rundfunkunion die wohl entscheidendste Verbesserung bei der Farbfernsehübertragung aufgrund eines von ihm entwickelten Verfahrens zur Kompensation von Phasenfehlern durch die zeilenweise Umschaltung einer der beiden trägerfrequenten Chrominanzkomponenten und der anschließenden Superposition gegensinnig verfälschter Signale unter Beweis stellte. Es waren aber bei weitem nicht nur diese Idee sowie die eingehenden ingenieurwissenschaftlichen Studien und technischen Fleißarbeiten an einem neuen System mit seinen verschiedenen Formen der Codierung und Transcodierung, die die Fachwelt überzeugten, es waren vor allem die zahllosen Experimente und PAL-Demonstrationen, die Walter Bruch mit einzigartigem persönlichen Einsatz in vielen Ländern der Welt durchführte und in denen er die Qualität und die technischen Vorzüge seines Verfahrens in beeindruckender Weise darzustellen verstand. Er wurde damit zum Leitbild des modernen Ingenieurwissenschaftlers, der sich und seine wissenschaftliche Arbeit einer internationalen Fachwelt zur Diskussion stellt, der darüber hinaus keine Mühen und Hindernisse scheut und unbeirrt den Weg geht, um einer von ihm als richtig erkannten Idee zum Durchbruch zu verhelfen. Mit PAL hat Walter Bruch internationalen Ruf erlangt und die Weltgeltung seiner Arbeit sowie der seiner Mitarbeiter begründet.

Zahlreich sind die nationalen und internationalen Auszeichnungen und Ehrungen, mit denen das Schaffen von Walter Bruch bisher gewürdigt wurde. Sie reichen von der Verleihung des Geoffrey-Parr-Preises der Institution of Electronic and Radio Engineers über die Verleihung der David-Sarnoff-Goldmedaille der SMPTE, der Richard-Theile-Goldmedaille der FKTG, des Großen Verdienstkreuzes mit Stern des Verdienstordens der Bundesrepublik Deutschland, der Ehrendoktorwürde, der Ernennung zum Honorarprofessor und vielen anderen Auszeichnungen bis hin zur Verleihung des Niedersächsischen Preises für Wissenschaft im letzten Jahr.

Wer Walter Bruch kennt, weiß, daß er sich auch in seinem Ruhestand der Forschung und Technik weiterhin verpflichtet fühlt. Sein Rat und seine Mitarbeit werden von Gremien immer noch erbeten und gewünscht. Sein vielschichtiges Wissen und Können auf allen Gebieten der Fernsehtechnik sowie die Ergebnisse seiner vorausschauenden wissenschaftlichen Arbeiten machen ihn heute noch zum begehrten Diskussionspartner. Bei der Lösung moderner Problemstellungen auf den Gebieten der Fernsehsignalverarbeitung, der Videoaufzeichnung und des Satellitendirektempfangs werden von ihm erarbeitete Grundideen nach wie vor verwendet.

Große Beachtung finden auch immer wieder seine Veröffentlichungen in Fachzeitschriften und Broschüren. Neben den rein wissenschaftlichen Arbeiten sind insbesondere seine Beiträge zur Technik-Geschichte zu nennen, in denen er mit großer Sach- und Detailkenntnis Interessantes und zum Teil weniger Bekanntes aus den Anfangsjahren des Rundfunks und Fernsehens in Deutschland dokumentiert.

Einem so unermüdlich tätigen Mann kann man nur wünschen, daß ihm noch eine recht lange Zeit vergönnt sein möge, in der er bei guter Gesundheit und Schaffenskraft sein Werk fortführen und die Rundfunktechnik noch durch manchen bedeutenden Beitrag bereichern kann.

F. J. In der Smitten

Hermann Schwarz 75 Jahre alt

Senator E. h. Konsul Dr. phil. nat. Hermann Schwarz vollendete am 29. März 1983 sein 75. Lebensjahr. Gemeinsam mit seinem Studienfreund Dr. Lothar Rohde gründete er 1933 in München ein physikalisch-technisches Entwicklungslabor, aus dem die Firma Rohde & Schwarz mit heute weltweit 4000 Beschäftigten hervorging. 1908 in Nördlingen geboren, studierte Hermann Schwarz in

Heidelberg, München und Jena Physik, Mathematik und Geophysik und promovierte 1931 bei Professor Esau. Seine Leistungen und Verdienste wurden gewürdigt durch Ernennung zum Ehrensenator der Technischen Universität München sowie mit der Verleihung des Bayerischen Verdienstordens, des Großen Bundesverdienstkreuzes und der Staatsmedaille für besondere Verdienste um die bayerische Wirtschaft. Noch heute ist Dr. Schwarz zusammen mit Dr. Rohde aktiv in der Unternehmensleitung tätig.

Die Redaktion

Abschied von Manfred Zarius

Nur knapp zwei Jahre konnte Manfred Zarius als Technischer Direktor des Zweiten Deutschen Fernsehens in der Technischen Kommission ARD/ZDF mitarbeiten. Nach kurzer schwerer Krankheit verstarb er am 13. März 1983.

Nach Abschluß des Studiums der Nachrichtentechnik war er zuerst bei der Deutschen Bundespost und später bei einer Industriefirma tätig, bevor er in einem Zweitstudium Betriebswirtschaft studierte und mit dem Diplom abschloß. 1971 trat Manfred Zarius in die Firma Robert Bosch ein und war dort zunächst für Entwicklung, Projektierung und Verkauf von Industrie-Fernsehanlagen zuständig. Nach Tätigkeit in verschiedenen weiteren Firmenbereichen wurde er 1980 Abteilungsdirektor im Führungsbereich der Zentrale der Robert Bosch GmbH.

Als Nachfolger von Rudolf Kaiser wurde Manfred Zarius zum 1. April 1981 als Technischer Direktor des Zweiten Deutschen Fernsehens berufen. Ab diesem Zeitpunkt war er auch Mitglied der Technischen Kommission ARD/ZDF. Seine Mitarbeit bei der Lösung der technischen Probleme, die das Zweite Deutsche Fernsehen und die Rundfunkanstalten der ARD gemeinsam bewegen, war von der ihm eigenen Offenheit und Aufgeschlossenheit geprägt. Manfred Zarius war stets um eine kooperative Zusammenarbeit in der Technischen Kommission ARD/ZDF bemüht. Insbesondere beschäftigte er sich mit den Fragen der neuen Technologien wie Satellitenfernsehen und Kabelrundfunk und mit der Weiterentwicklung bestehender Dienste.

Die Mitglieder der Technischen Kommission ARD/ZDF haben nicht nur einen Kollegen mit fachlichem Rat und aktiver Mitarbeit, sondern auch einen lieben Freund verloren, dessen optimistische Grundeinstellung fehlen wird.

Frank Müller-Römer

Vorsitzender der Technischen Kommission ARD/ZDF

Herausgeber: Institut für Rundfunktechnik GmbH, München. ISSN 0035-9890

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

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

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

Verlag: Mensing GmbH + Co KG, Schützenwall 9—11, 2000 Norderstedt. Es erscheinen jährlich 6 Hefte mit einem Gesamtumfang von etwa 300 Seiten. Bezugspreis: Jahresabonnement 105,— DM zuzüglich Versandspesen. Bezugsbedingungen: Bestellungen über den Buchhandel oder beim Verlag. Abbestellungen müssen 6 Wochen vor Ablauf des Kalenderjahres vorliegen. Einzelhefte werden nach Umfang berechnet und über den Buchhandel ausgeliefert. Auslieferungsdatum 28. 4. 1983. Einzelpreis dieses Heftes 27,80 DM. Alle Rechte vorbehalten. Nachdrucke, auch auszugsweise sowie anderweitige Vervielfältigungen sind nur mit schriftlicher Genehmigung des Verlages gestattet.

Anzeigenverwaltung: Mensing GmbH + Co KG, Schützenwall 9—11, 2000 Norderstedt, Ruf (040) 5 25 20 11 und alle Werbungsmittler. Zur Zeit gilt Anzeigenpreisliste Nr. 14.

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