

RUNDFUNK- TECHNISCHE MITTEILUNGEN

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

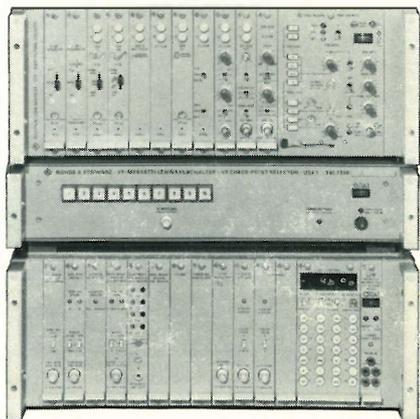
INSTITUT FÜR
RUNDFUNKTECHNIK GMBH

H. Forstner

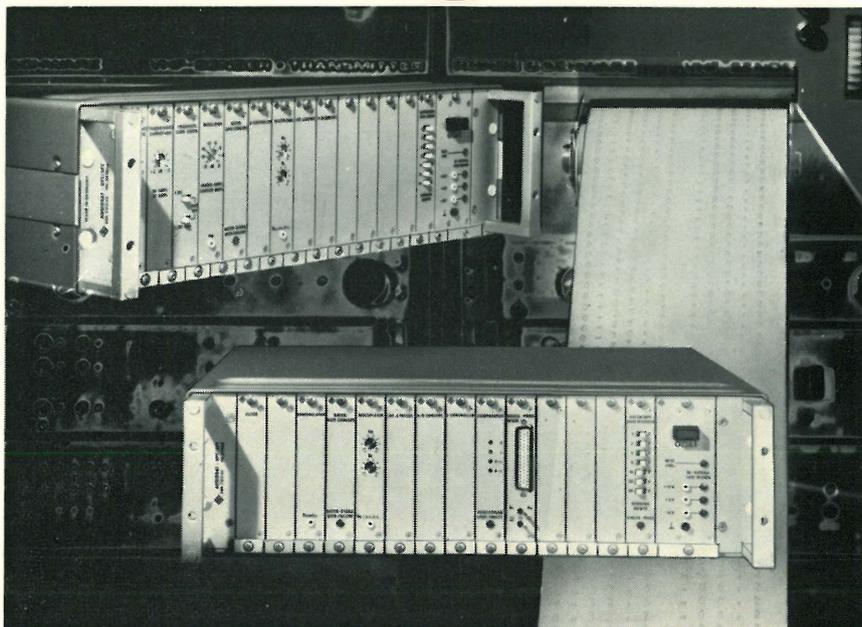
AUS DEM INHALT:

- | | |
|---|--|
| <i>Reinhard Schneider</i> | Ein Vierteljahrhundert Fernsehen |
| <i>Paul Scherer</i> | Ein neues Verfahren der raumbezogenen Stereophonie mit verbesserter Übertragung der Rauminformationen |
| <i>Wolfgang Karreth und
Hans Schmid</i> | Beschallungsprobleme und publikumsbezogene Lösung am Beispiel der Faschingsveranstaltungen im großen Sendesaal des Bayerischen Rundfunks |
| <i>Gustav-Georg Thiele</i> | Das Sendernetz der Deutschen Welle |
| <i>Werner Arnold</i> | Modulation des Sendernetzes der Deutschen Welle |
| <i>Fred Rogler</i> | Frequenzbandauswahl beim Auslandsrundfunk über Kurzwellen |
| <i>Ernst-Jürgen Mielke</i> | Einfluß des Dolby-B-Verfahrens auf die Übertragungsqualität im UKW-Hörrundfunk |
| <i>Gerhard Möll</i> | VIDEOTEXT-Demonstration der Rundfunkanstalten auf der Internationalen Funkausstellung 1977 in Berlin |
| <i>Max Rotthaler</i> | Holographische Aufzeichnung von Fernsehinformationen |
| | Buchbesprechungen - Ankündigung von Veranstaltungen - Nachrichten |

UKW- und TV-Messungen während des Programms



Check-out für TV-Sender: Der VF-Generator (oben) gibt die Zeilen 17/18/330/331 in den Sender. Über den Meßstellenschalter (Mitte) wird jedes Video-Signal der Sendestelle an den Prüfzeilen-Analysator (unten) gelegt. Automatische Überwachung ist möglich.



Mit dem Audiodat-System ist jetzt erstmalig auch eine automatische Tonqualitätskontrolle mit ausgedrucktem Protokoll während des laufenden Programms möglich.



Rechnergesteuert: Programme in BASIC für Steuerung, Meßwertverarbeitung und Protokollausgabe auf einer Kassette. Datenausgabe über Sichtgerät, Hard-copy oder Schnelldrucker.

Prüfzeilen-Analyse im TV-Bildprogramm

Dieses Testsystem besteht aus Prüfzeilen-Signalgenerator, -Eintastgerät und Analysator. Es ist universell geeignet für automatische oder rechnergesteuerte Qualitätskontrolle oder Überwachung aller Baugruppen, Geräte, Anlagen und Übertragungseinrichtungen der Fernsehtechnik. Dies geschieht durch Analyse der vier standardisierten Prüfzeilensignale nach CCIR, während des Programms.

Der Prüfzeilen-Analysator UPF mißt vollautomatisch und ohne Meßbereichsumschaltung gleichzeitig bis zu 28 verschiedene Parameter eines Videosignals. Er ist programmierbar und eignet sich hervorragend für die automatische Qualitätskontrolle unbemannter Fernsehsender sowie für Abnahmemessungen an TV-Systemen, denn er zeigt Grenzwertüberschreitungen selbsttätig an.

Tonüberwachung in Hörfunk und Fernsehen

Das Programm wird vor der zu überwachenden Anlage vom Audiodat-Geber analysiert, der einen Sollwert bildet. Dieser wird im Audiodat-Empfänger nach der Anlage mit dem Istwert verglichen. Erkennbar sind so: Pegelfehler, Unterbrechung, Schaltfehler, Störabstandsverschlechterung, Kanalvertauschung und Falschpolung innerhalb eines Kanals bei Stereo. Eine zusätzlich übertragene 7-bit-Kennung ermöglicht die eindeutige Feststellung der Identität des ausgestrahlten mit dem Bezugsprogramm.

Übertragung unhörbar innerhalb des 15-kHz- oder des Stereo-Multiplexbandes oder in der Fernsehbild-Datenzeile. Zusätzlich übermittelbar: Fernwirkbefehle wie Ein-/Ausschalten, Mono/Stereo, Verkehrsfunk.

Alle Geräte und Anlagen sind kurzfristig lieferbar.

Ernst-Reuter-Platz 10 · 1000 Berlin 10
Ruf (030) 3414036

Große Bergstraße 213 · 2000 Hamburg 50
Ruf (040) 381466

Kriegsstraße 39 · 7500 Karlsruhe
Ruf (0721) 23977

Sedanstraße 13-17 · 5000 Köln 1
Ruf (0221) 7722-1

Dachauer Straße 109 · 8000 München 37
Ruf (089) 521041



ROHDE & SCHWARZ

INHALTSVERZEICHNIS :

Ein Vierteljahrhundert Fernsehen 189 Reinhard Schneider	Frequenzbandauswahl beim Auslandsrundfunk über Kurzwellen 217 Fred Rogler
Ein neues Verfahren der raumbezogenen Stereophonie mit verbesserter Übertragung der Rauminformationen 196 Paul Scherer	Einfluß des Dolby-B-Verfahrens auf die Übertragungsqualität im UKW-Hörrundfunk 222 Ernst-Jürgen Mielke
Beschallungsprobleme und publikumsbezogene Lösung am Beispiel der Faschingsveranstaltungen im großen Sendesaal des Bayerischen Rundfunks 205 Wolfgang Karreth und Hans Schmid	VIDEOTEKST-Demonstration der Rundfunkanstalten auf der Internationalen Funkausstellung 1977 in Berlin 229 Gerhard Möll
Das Sendernetz der Deutschen Welle 209 Gustav-Georg Thiele	Holographische Aufzeichnung von Fernsehinformationen 231 Max Rotthaler
Modulation des Sendernetzes der Deutschen Welle 213 Werner Arnold	Buchbesprechungen 233
	Ankündigung von Veranstaltungen 235
	Nachrichten 235

EIN VIERTELJAHRHUNDERT FERNSEHEN¹

VON REINHARD SCHNEIDER²

Manuskript eingegangen am 15. September 1977

Fernsehen als Medium

Zusammenfassung

Die Aussicht, Bildsignale drahtlos an jedermann verteilen zu können, entfaltete eine stürmische Dynamik und ließ das Fernsehen rapide zum Massenmedium Nummer Eins heranwachsen. 1977 kommt auf zehn Erdbewohner ein TV-Empfänger. Ein Vierteljahrhundert nach der Eröffnung des Nachkriegsfernsehens ist fast jeder Haushalt in der Bundesrepublik Deutschland ein Fernsehhaushalt, in jedem zweiten davon steht ein Farbempfänger. Mit Zahlen und Fakten vom Weltfernsehen bis zum Zuschauerverhalten in Deutschland und dem Vergleich mit anderen Massenmedien wird ein Mosaikbild von Standort und Bedeutung des Fernsehens in unserer Gegenwart entworfen.

Summary 25 Years of Television

The prospect of being able to distribute wireless picture signals to everybody set loose a vehement dynamism and made television the number one of mass media. In 1977 there is one TV receiver upon 10 world inhabitants. 25 years after the inauguration of post-war television, almost every home in the Federal Republic of Germany is provided with TV, half of which in colour. An instructive mosaic picture is drawn by quoting figures and facts, from audience behaviour in Germany to comparisons with other mass media, thus outlining the actual position and importance of television in our days.

Sommaire 25 ans de télévision

La perspective de pouvoir distribuer sans fil des signaux d'images à tout le monde, a déchaîné un dynamisme tel que la télévision devenait rapidement le numéro un parmi les instruments de communication en masse. En 1977 il existe un poste de télévision sur dix habitants dans le monde. 25 ans après l'inauguration de la télévision de l'après-guerre, presque chaque ménage en RFA possède un poste de télévision, desquels la moitié en couleurs. La position actuelle et l'importance de la télévision de nos jours sont esquissées dans une mosaïque à l'aide de chiffres et faits statistiques, de la télévision mondiale au comportement des spectateurs en Allemagne.

1. Einleitung

Die geistigen Väter der Fernsehtechnik waren erfüllt von der selbstgestellten Aufgabe, „ein am Ort A befindliches Objekt an einem beliebig anderen Ort B sichtbar zu machen“, wie es anschaulich in Paul Nipkows Patentschrift aus dem Jahr 1884 heißt. An Fernsehen als ein Massenkommunikationsmittel für

Millionen Menschen dachten sie dabei nicht. Das besorgten andere phantasiebegabte Geister – Träumer und Utopisten. Sie empfanden den Zauberspiegel „Fernsehen“ in ihren Visionen allerdings eher als geheimes Hilfsmittel, das ihnen elitäre Macht verleihen und sie dadurch über ihre Mitmenschen hinausheben sollte. Doch die technische Entwicklung hat der Television einen sympathischeren Weg als den des „Großen Bruders“ gebahnt. Die Aussicht, Bildsignale drahtlos an jedermann verbreiten zu können, entfaltete eine stürmische Eigendynamik und ließ das Fernsehen rapide zum Massenmedium Nummer Eins unserer Zivilisation heranwachsen.

¹ Erweiterte Fassung eines Vortrags, gehalten auf der 5. Jahrestagung der Fernseh- und Kinotechnischen Gesellschaft (FKTG) in Kiel, 19. bis 23. September 1977.

² Reinhard Schneider ist Leiter der Abteilung Technische Information im Bayerischen Rundfunk.

2. Weltfernsehen

Daß diese Entwicklung zunächst in den Industriestaaten ihren Weg nahm, konnte nicht anders sein. So entspricht die Verteilung der Empfangsgeräte keineswegs der Aufteilung der Erdbevölkerung (Bild 1). In der Zeit zwischen 1960 und 1976 ist die Zahl der Bewohner unseres blauen Planeten um ein volles Drittel gewachsen, insbesondere in Asien, Afrika und Lateinamerika. Am 28. 3. 1976 hat die Weltbevölkerung vermutlich die Vier-Milliarden-Grenze überschritten. 1965 kam ein Fernsehgerät auf 17 Einwohner. 1976 verfügte im Schnitt bereits jeder zehnte Mensch über ein TV-Gerät. Ein schlagendes Übergewicht haben hier vorläufig die Industrienatio-

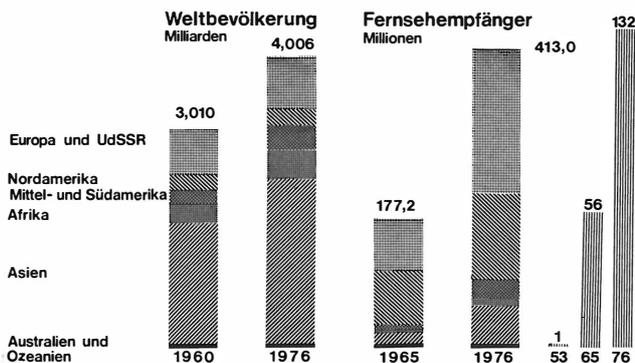


Bild 1 Weltbevölkerung und Fernsehgeräte (UNO und BBC)

nen Nordamerikas und Europas. In ihren Stuben stehen fast vier Fünftel der Fernsehgeräte der Welt. Wenn man das Jahr 1953 zum Ausgangspunkt nimmt, hat sich die Zahl der Fernsehempfänger bis 1965 um den Faktor 56, bis 1976 sogar um den Faktor 132 erhöht [1, 2, 3].

Zehn Jahre nach der Einführung der Farbe im Fernsehen ist diese bei uns unumstritten. Daß dies nicht immer so war, sei mit einigen Zitaten aus einer 1963 abgegebenen Stellungnahme eines der damaligen Fernsehgewaltigen in unserem Lande belegt. Es heißt dort zusammengefaßt:

1. Der künstlerische Wert des Farbfernsehens ist außerordentlich gering, der Informationswert der Farbe völlig bedeutungslos.
2. Wie auch immer man den Wert des Farbfernsehens einschätzen mag, er steht in keinem Verhältnis zu den Kosten, sowohl auf der Studio- und Senderseite als auch auf der Empfängerseite.
3. Dafür, daß nur ein kleiner Bruchteil der Fernsehteilnehmer sich einen Farbempfänger anschaffen würde, sprechen vor allem die Erfahrungen in den Vereinigten Staaten.

Selten wohl hat die Zeit eine vorgefaßte Meinung derart schlagend widerlegt. Zunächst aber hatten die Befürworter des Farbfernsehens keinen leichten Stand. Richard Theile antwortete damals auf das Hauptargument: „Die natürlichen Bilder sind bunt. Und ich weiß wirklich nicht, was falsch und gefähr-

Land	1970 %	1975 %	Prognose 1980 %
USA	50	84	96
Japan	26	94	95
Kanada	38	65	85
Schweden	9	50	76
Bundesrepublik Deutschland	6	37	71
Großbritannien	4	47	68
Niederlande	6	38	62
Schweiz	5	33	55
Dänemark	3	27	52
Belgien	2	22	52
Norwegen	1	22	52
Österreich	3	22	46
Frankreich	2	17	44
Finnland	1	19	42
Italien	0	2	22
Spanien	0	1	16
Portugal	0	0	0
Europäische Gemeinschaft	3	27	52
Westeuropa	3	24	47
Europa	2	16	42

Tabelle 1 Marktsättigung bei Farbfernsehgeräten Ausstattung der Haushalte mit Erstgeräten zum Jahresende (Grundig)

lich sein soll, wenn man die Wiedergabe der Fernsehbilder natürlicher macht.“

Der pessimistischen Prognose zum Trotz hat sich gerade in den USA die Farbe zuerst und entschieden durchgesetzt. Tabelle 1 zeigt dies für das Jahr 1970. Doch bereits 1975 ist Amerika durch das dynamische Japan deutlich überholt. Die Bundesrepublik Deutschland befand sich 1975 an siebenter Stelle, wird jedoch nach der Prognose bis 1980 mit 71% an die fünfte Stelle aufrücken. Die USA und Japan dürfen dann praktisch als gesättigt angesehen werden.

Von den in der Fernsehwelt verbreiteten Farbübertragungsverfahren hält das amerikanische

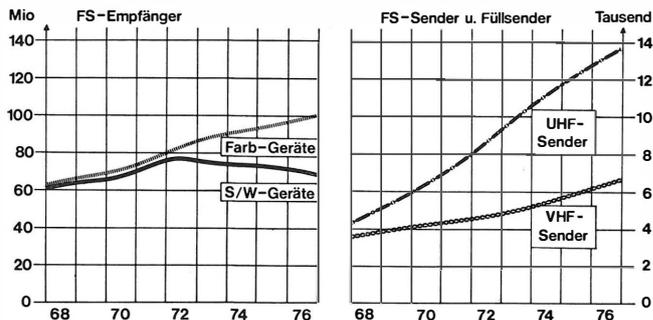


Bild 2 Fernsehentwicklung in den Ländern der aktiven Mitglieder der EBU (EBU, Technical Centre)

NTSC-System mit 70 % der heute in Betrieb befindlichen Empfangsgeräte noch immer den Löwenanteil; PAL kommt auf 26 %. Von den für SECAM verbleibenden 4 % entfallen zwei Drittel auf den Ostblock.

In den unteren Zeilen der Tabelle ist von Europa die Rede: bei der Europäischen Gemeinschaft soll sich der Farbanteil zwischen 1975 und 1980 verdoppeln, in Gesamt-Europa sogar fast verdreifachen.

Von der Europäischen Gemeinschaft zu den Mitgliedsländern der EBU (Bild 2): Hier stieg die Zahl der Fernsehgeräte von 61 Millionen im Jahr 1968 auf 100 Millionen Ende 1976, davon sind 31 Millionen Farbgeräte. Im rechten Teil der Graphik ist die Entwicklung der Sender- und Füllsenderanlagen dargestellt. Ende 1976 betrug ihre Zahl 13 480 Stationen im VHF- und UHF-Bereich zusammen, davon arbeiteten 6190 Sender und Füllsender im VHF-Bereich.

Ein Blick auf die Entwicklung der Fernsehprogrammstunden pro Woche in einigen Mitgliedsländern der EBU (Bild 3): Gerastert davon der überwiegende Anteil der Farbprogramme, grau die Schwarzweiß-Sendungen. Einige der Balken sind nicht ausgefüllt. Von diesen Programmen lagen keine verlässlichen Angaben über den Farbanteil vor, er dürfte bei ihnen jedoch sicherlich in ähnlicher Größenordnung liegen wie bei den anderen aufgeführten Ländern. Großbritannien liefert mit Abstand die höchsten Programmstundenzahlen [4].

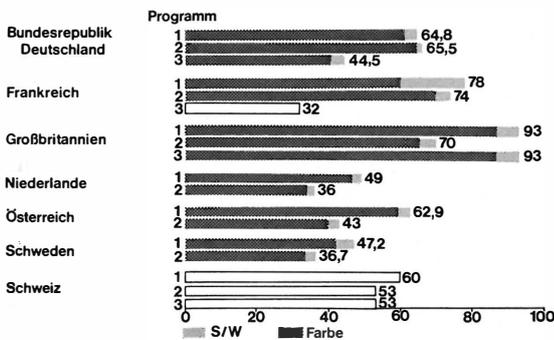


Bild 3

Fernsehprogrammstunden pro Woche in einigen Mitgliedsländern der EBU
Stand Ende 1976

Hier wäre der Platz, um auch einige Betrachtungen über die Entwicklung der Produktionstechniken in den Fernsehstudios anzustellen. Bei früherer Gelegenheit konnten noch einige Zahlen über das Verhältnis der Anteile von magnetischer Bildaufzeichnung (MAZ) und Filmproduktion genannt werden. 1962 noch lag zum Beispiel beim Bayerischen Rundfunk (BR) der Anteil des Films bei 57 % [5]. Beim BR schätzt man heute, daß bei den Vorproduktionen Film und MAZ jeweils mit etwa 50 % vertreten sind. Bei der Sendung jedoch liegt der Anteil der MAZ zwischen 70 und 75 %. In der Zwischenzeit hat es sich nämlich eingebürgert, Filmproduktionen oder Produktionsanteile vor der Sendung auf MAZ umzuspielen. Dies betrifft beim BR alle Magazinsendungen und Programme wie „Die Sprechstunde“.

Eine revolutionäre Entwicklung zugunsten der Elektronik zeichnet sich seit einigen Jahren in den

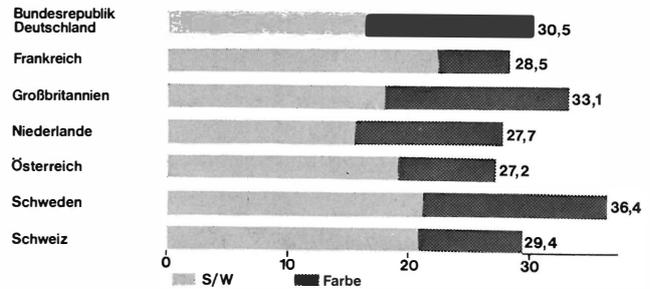


Bild 4

Fernsehempfänger auf 100 Einwohner in einigen Mitgliedsländern der EBU
Stand Ende 1976

USA bei der aktuellen Berichterstattung ab: „Electronic News Gathering“ (ENG), zu deutsch: „Elektronische Berichterstattung“ mit elektronischer Kamera und magnetischer Signalspeicherung.

Die Möglichkeiten der Direktsendung und des sofortigen Zugriffs zum gespeicherten Bild haben hier eine Entwicklung in Gang gesetzt, die in Europa trotz der andersartigen Struktur des Fernsehens aufmerksam beobachtet wird. Von ca. 800 Fernsehstationen in den Vereinigten Staaten waren

1972 6
1974 65
1975 130 und

1977 bereits 350 Stationen mit ENG-Technik

ausgerüstet, insbesondere die großen Netzwerke CBS, NBC und ABC. Allein schon die MAZ-Bänder ihrer Amerika-Korrespondenten zwingen die europäischen Rundfunkanstalten, sich mit der ENG-Technik zu befassen [6].

Doch zurück zu einigen Mitgliedsländern der EBU (Bild 4). Das Land mit der höchsten Fernsehichte ist Schweden mit 36,4 Fernsehempfängern auf 100 Einwohner; davon sind schon 58 % in Farbe. In Großbritannien kommen 33,1 Fernsehempfänger auf 100 Einwohner. Der Farbfernsehanteil war mit 46 % um die Jahreswende 1976/77 ebenso hoch wie bei uns in der Bundesrepublik Deutschland [4].

3. Fernsehentwicklung in der Bundesrepublik Deutschland

Bild 5 zeigt die Entwicklung der Fernsehteilnehmerzahl in der Bundesrepublik Deutschland seit 1954.

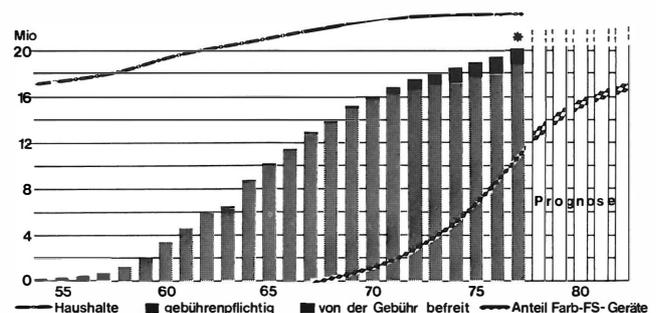


Bild 5

Entwicklung der Fernsehteilnehmerzahl in der Bundesrepublik Deutschland
Stand jeweils 1. 1. (* 30. 6. 1977)
(ARD und ZVEI)

Den Säulen ist der jeweilige Anteil der Gebührenbefreiungen aufgesetzt. Die obere Kurve zeigt die Entwicklung der Haushalte insgesamt, die untere die Anteile der Farbfernsehhaushalte – mit einer vorsichtigen Prognose bis 1982 [7, 8]. Das Publikum hat das Farbfernsehen bei uns gut angenommen, mittlerweile ist jedes zweite angemeldete Gerät ein Farbgerät. Für die rund zehn Millionen Colorempfänger mit einem durchschnittlichen Anschaffungspreis von 2000,- DM wurden von den Teilnehmern rund 20 Milliarden DM aufgebracht. Der Sachanlagenwert aller Fernsehsender und Empfänger zusammen dürfte höher als 50 Milliarden Mark sein. Im Vergleich dazu haben die Sachanlagen der Bundesbahn einen Wert von etwa 40 Milliarden Mark. Und noch eine Vergleichszahl aus dem KtK-Bericht: die Experten haben dort für die Verkabelung der Bundesrepublik Deutschland (Stand 1975) einen Betrag von 22 Milliarden Mark errechnet.

Als am 25. August 1967 um 10.57 Uhr in Berlin der berühmte rote Knopf zum Start des Farbfernsehens gedrückt wurde, waren 65 % der Haushalte mit Schwarzweißgeräten ausgestattet. Heute sind rund 85 % der Haushalte Fernsehhaushalte – zur Hälfte in Farbe, zur Hälfte in Schwarzweiß [8].

In hunderttausend deutschen Haushalten steht ein Leih-Fernsehgerät. Das ist ein Anteil von 0,5 %. Andere Länder, andere Sitten: In England sind 40 % aller Schwarzweißempfänger und sogar 60 % aller Farbgeräte aus dem „Leihhaus“ [9].

Das Diagramm in **Bild 6** zeigt die Entwicklung der Marktsättigung bei Farbfernsehgeräten in Deutschland und – im Vergleich dazu – den Verlauf in den USA und in Japan. Die Sättigungskurven sind zeitlich so gegeneinander verschoben, daß ihre Wendepunkte zusammenfallen. Gegenüber den USA verlief in Deutschland die Einführung des Farbfernsehens deutlich flacher, ganz zu schweigen von dem

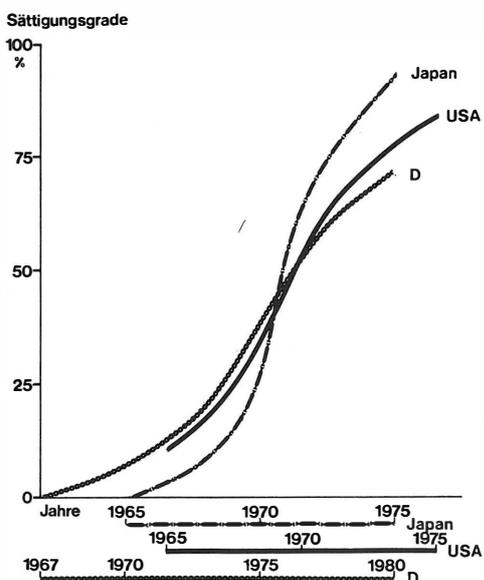
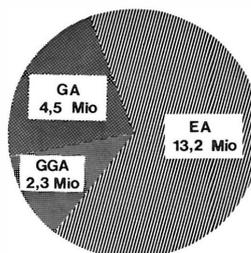


Bild 6

Entwicklung der Marktsättigung bei Farbfernsehgeräten in der Bundesrepublik Deutschland, Japan und den USA
Wendepunkte der Kurven zusammengelegt (Grundig)

Bundesrepublik Deutschland (Sommer 1977)



EA = Einzel-Antennen
GA = Gemeinschafts-Antennen
GGA = Groß-Gemeinschafts-Antennen
Gesamt: 20 Mill. Teilnehmer

Bild 7

Fernsehhaushalte und Antennenarten in der Bundesrepublik Deutschland
Stand Sommer 1977
(Siemens)

dynamischen Sonderfall Japan mit seinem atemberaubend steilen Verlauf.

Welche Voraussetzungen bestehen in der Bundesrepublik für die Verkabelung? In **Bild 7** sind die Fernsehhaushalte nach Antennenarten aufgliedert. Für das Kabelfernsehen wäre es wünschenswert, wenn möglichst große, bereits verkabelte Inseln existierten, die nur noch untereinander verbunden werden müßten. Soweit ist es aber noch lange nicht, den Löwenanteil mit zwei Dritteln nehmen immer noch die Haushalte mit Einzelantennen ein. Und der Anteil der Teilnehmer, die an Großgemeinschafts-Antennenanlagen angeschlossen sind, beträgt nur wenig über 10 %.

3.1. Fernsehempfänger

Nun einige Zahlen zur deutschen Fernsehgeräteproduktion in Werteinheiten, das heißt in Milliarden DM (**Bild 8**): Gegenüber 1972 hat sich dieser Wert 1976 fast verdoppelt, der Anteil der Schwarzweißgeräte hat abgenommen und beträgt 1976 wertmäßig nur noch 7 %.

Noch ein Wort zu den Wertanteilen von Aus- und Einfuhren (**Bild 8**, rechter Teil). Der Anteil des Exports ist von 1974 auf 1976 um 40 % gestiegen, während der Importanteil fast gleich geblieben ist. Stückzahlmäßig fertigte die bundesdeutsche Industrie 1976 nahezu drei Millionen Farbfernsehempfänger. Sie exportierte davon rund eine Million. Andererseits

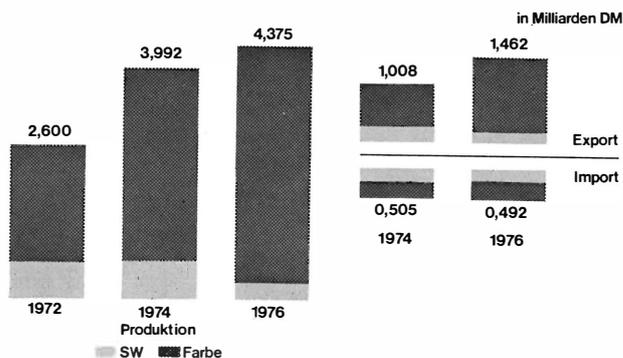


Bild 8

Produktionswert der in der Bundesrepublik Deutschland hergestellten Fernsehgeräte
Export und Import
(ZVEI)

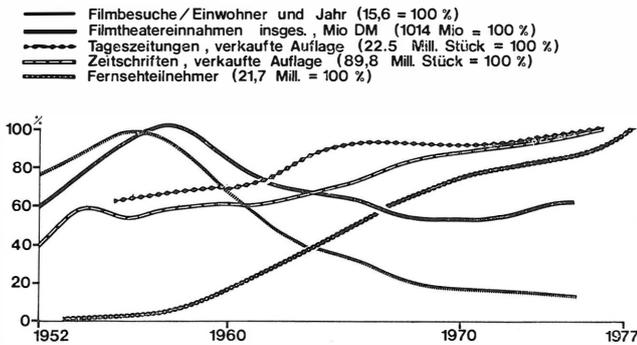


Bild 14

Ein Vierteljahrhundert Fernsehen in der Bundesrepublik Deutschland im Vergleich mit der Entwicklung anderer Massenmedien

(ARD, IVW und Statistisches Bundesamt)

3.4. Fernsehen und andere Medien

Hat das Fernsehen die Entwicklung anderer Medien nachhaltig beeinträchtigt? In **Bild 14** ist die Entwicklung der Zahl der Fernsehteilnehmer den Filmbesuchen je Einwohner und Jahr, den Filmtheatererinnahmen, der Auflagenentwicklung der Tageszeitungen und derjenigen der Zeitschriften gegenübergestellt. Um zu vergleichbaren Werten zu kommen, haben wir die Spitzenwerte des Betrachtungszeitraums jeweils gleich 100 % gesetzt.

Es ist bekannt und läßt sich nicht leugnen, daß das Filmgeschäft darniederliegt. Die Entwicklung ging von 11,8 Filmbesuchen je Jahr und Einwohner über den Gipfel von 15,6 im Jahr 1956 auf 2,3 Besuche zurück. Das „Kino um die Ecke“ ist verschwunden. Nicht ganz so schlecht sieht es für die verbliebenen Filmtheater aus, wenn man ihre Finanzen betrachtet. Sie haben ihre Eintrittspreise drastisch erhöht, ihre Einnahmen sind sogar wieder leicht im Steigen begriffen. Man muß allerdings berücksichtigen, daß die Mark des Jahres 1976 nicht mehr die des Jahres 1952 ist.

Es ist hier nicht der Platz, die Gründe für die Kinomisere zu untersuchen. Nur soviel sei gesagt: Natürlich hat das „Pantoffelkino“ das Bürgerverhalten beeinflußt. Die Kinobesitzer spüren jeden spielfilmattraktiven TV-Abend deutlich an ihren Umsätzen. Aber niemand kann behaupten, der Verfall des Kinos ginge allein auf das Konto des Fernsehens. Da spielen Fragen der inhaltlichen Qualität und des Geschmacks des Gebotenen ebenso herein wie beispielsweise das andere Freizeitverhalten einer motorisierten Gesellschaft. Länder mit anderer Sozial- und Bildungsstruktur haben noch ein anderes Verhältnis zum Kino. Es sind die Descamisados, die „Hemdlosen“, die in südamerikanischen Großstädten nach wie vor die Kinos füllen. Trotzdem – „Traumfabriken“ sind die heutigen Filmproduktionsstätten kaum mehr. Vielleicht ist das auch ein Grund für das gewandelte Verhältnis von Publikum und Kino.

Die Auflagen von Tageszeitungen und Zeitschriften haben einen stetigen Anstieg verzeichnen können. Ähnliches gilt auch für die hier nicht mit aufgeführten Buchauflagen. Die Entwicklung der Printmedien wurde also durch das Fernsehen keinesfalls

gravierend beeinträchtigt. Im Gegenteil – es scheint eine stimulierende Wechselwirkung zwischen Gedrucktem und dem TV-Bild zu geben.

4. Zukunftsaspekte

Was mögen die nächsten Jahrzehnte an bleibenden fernsehtechnischen Innovationen bringen? Auf dem Fernsehsymposium in Montreux 1977 waren die Fachleute recht optimistisch, daß bald neue Dienste mit der Sammelbezeichnung „Videotext“ eingeführt werden. Nach den jüngsten Diskussionen auf der Funkausstellung 1977 in Berlin darf man da nicht so sicher sein. Anders beim „Bildschirmtext“, dem Textübertragungsverfahren über das Fernsprechnetz. Eine Studiengruppe unter Eberhard Witte stellte kürzlich fest, es sei ein beachtlicher Bedarf für einen Bildschirmtextdienst vorzusehen, und empfahl, den Versuchsbetrieb mit diesem Verfahren beschleunigt aufzunehmen. Einen größeren Feldversuch will die Deutsche Bundespost 1980 starten. Beim Fernsehen darf man eine verbesserte Wiedergabequalität der Empfänger ebenso erwarten wie die Einführung der Mehrtonübertragung.

Ob der „große“ Bildschirm kommen wird, dürfte eng mit der Frage eines neuen Fernsehstandards verknüpft sein. Denn das größere Bildformat verlangt eine höhere Auflösung, wenn es eine Chance haben soll. Daß unsere heutige Fernsehnorm bei der stürmischen technischen Entwicklung mehr als ein halbes Jahrhundert überdauern wird, ist unwahrscheinlich. Ob mit Breitbandkanal oder frequenzbandreduzierenden Verfahren – ein hochzeitliches Fernsehbild dürfte bis zum Ende dieses Jahrhunderts bereitstehen. Größeres Bildformat und verbesserte Bildauflösung erscheinen ebenfalls als erstrebenswerte Fernziele, auch in einer Welt, die sich mit Recht zunehmend überlegt, was von dem überreichen Angebot des technisch Machbaren wünschenswert ist und was nicht.

SCHRIFTTUM

- [1] BBC Handbook 1977. BBC, 33 Marylebone High Street, London W 1M 4AA.
- [2] Television Factbook 1976. 1836 Jefferson Place N. W. Washington, D.C. 20036.
- [3] Der Fischer Almanach '77. S. 458, Fischer Taschenbuch Verlag.
- [4] Expansion of television during 1976. E.B.U. Rev. Technical No. 162 (April 1977), S. 104 u. 105.
- [5] Schneider R.: Fernsehen in einer technisierten Welt. Rundfunktechn. Mitt. 8 (1964), H. 6, S. 316–322.
- [6] Wolff H.: Elektronische Berichterstattung in der Versuchsphase. Fernseh-Informationen 28 (September 1977), H. 17, S. 399–402.
- [7] ARD-Jahrbuch 1976. Verlag Hans-Bredow-Institut, Hamburg.
- [8] Bahr H.: Entwicklungslinien der Rundfunkgeräte-Produktion. Media Perspektiven 8/77, S. 455–463.
- [9] Fernsehgerätemarkt in England. Funkschau 5 (1977), S. 187.
- [10] Andritzky W.: Freizeit. Bild der Wissenschaft 14 (1977), H. 8, S. 74–83.
- [11] Darschin W.: Vollprogramme und Dritte Programme. Bericht der Programmdirektion Deutsches Fernsehen, Juni 1977.
- [12] Magnus U.: Die Nutzung zusätzlicher Rundfunkprogrammangebote. Media Perspektiven 7/77, S. 400–403.

EIN NEUES VERFAHREN DER RAUMBEZOGENEN STEREOPHONIE MIT VERBESSERTER ÜBERTRAGUNG DER RAUMINFORMATIONEN¹

VON PAUL SCHERER²

Manuskript eingegangen am 11. Juli 1977

Stereophonie

Zusammenfassung

Es wird ein neues Übertragungsverfahren raumbezogener Stereophonie vorgestellt, das die Rauminformationen durch räumliche Modulation überträgt und ganz besonders für die kompatible Rundfunkübertragung geeignet ist.

Das Verfahren ermöglicht eine einfache Mischtechnik bei der Aufnahme und die Verbesserung der Wiedergabe der Rauminformation durch Einsatz einer größeren Zahl zusätzlicher Stützlautsprecher.

Über die ersten akustischen Erfahrungen mit dem System wird berichtet.

Summary A new method in room-oriented stereophony with improved acoustical transmission

A new transmission method in room-oriented stereophony, especially suited to compatible broadcasting, is introduced. Acoustical information is transmitted by spatial modulation.

This method simplifies the mixing techniques necessary at the time of recording and improves the acoustical quality at the time of replay through employment of a larger number of additional loudspeakers.

The first acoustical experiences with this system are reported.

Sommaire Un nouveau de la stéréophonie relative aux locaux avec transmission améliorée de l'information stéréophonique

On présente un nouveau procédé de transmission stéréophonique relative aux locaux, qui transmet l'information local par la modulation locale. L'avantage de ce procédé est d'être absolument compatible avec le système actuel de radiodiffusion.

Le procédé facilite une technique simple de mélange lors de l'enregistrement et aussi l'amélioration de la reproduction de l'information locale, en utilisant un plus grand nombre de hautparleurs complémentaires.

Suit un rapport sur les premières expériences acoustiques avec ce système.

1. Schalleinfallrichtung

1.1. Die Bedeutung der Schalleinfallrichtung für die naturgetreue elektroakustische Übertragung

Die Unterscheidung verschiedener Schalleinfallrichtungen ist eine wichtige Voraussetzung für die akustische Wahrnehmung einer Hörscene; sie ist – anders als beim Sehen – nicht auf einen bestimmten „Gesichtswinkel“ beschränkt, sie umfaßt vielmehr den gesamten Raumwinkel, eine Tatsache, durch die dem Hörorgan neben der bewußten Informationsaufnahme auch eine besondere Wächterfunktion zukommt. Die Überwachung der Hörscene geschieht dabei weitgehend unbewußt und ohne Unterstützung durch das Sehen.

Bewußtes und unbewußtes Hören sollten bei einer naturgetreuen Übertragung uneingeschränkt möglich sein. Die bewußte Richtungsunterscheidbarkeit diskreter Quellen (z. B. von Schauspielern auf der Bühne, von Musikinstrumenten im Orchester) macht sicher einen großen Teil der Lebendigkeit der Übertragung aus. Ihre Transparenz gewinnt sie dadurch, daß der Zuhörer in der Lage ist, sich nach freiem Willen auf eine Quelle zu konzentrieren und

dabei andere Quellen aus anderen Richtungen unbewußt zu unterdrücken (Cocktailparty-Effekt).

Zur naturgetreuen Übertragung z. B. einer Theaterszene müssen daher mindestens über die gesamte Bühnenbreite, d. h. etwa in der vorderen Halbebene, die Einfallrichtungen des Direktschalls richtig wiedergegeben werden. Außerdem ist es notwendig, daß die Wiedergabe raumbezogen erfolgt, so daß Kopfdrehungen des Zuhörers natürliche Änderungen der Hörscene zur Folge haben. Dadurch wird zunächst die bewußte Ortung unterstützt und die Natürlichkeit der Übertragung gesteigert.

Noch größere Anforderungen an die Wiedergabe der Schalleinfallrichtungen stellen die diffusen Schallanteile, die für die „Akustik“ des Wiedergaberaums wichtig sind, die aber nur dann richtig gehört werden können, wenn ihre Richtungen wiedergegeben werden. Der allseitig einfallende und in seiner Stärke richtig wiedergegebene indirekte Schall stört den Hörer einer „Nutzschallquelle“ nur dann nicht, wenn wegen seiner allseitigen Ortbarkeit die unbewußte Unterdrückung der diffusen Schallanteile möglich ist. Da sie andererseits den Eindruck der Anwesenheit in einem Raum vermitteln, dürfen sie auch nicht z. B. durch den Gebrauch von Mikrofonen mit Richtcharakteristik geschwächt werden. Man kann daher vermuten, daß Transparenz und Raumpfindung einer Aufnahme nur dann in einem ausgewogenen Verhältnis stehen, wenn die Schalleinfallrichtungen über den gesamten Raumwinkel, mindestens aber über die gesamte Hörebene ortbar sind und darüber hinaus der Entfernungseindruck auch bei fehlendem diffusem Schall richtig vermittelt wird, so daß intelligentes Zuhören möglich ist.

¹ Erweiterte Fassung eines Vortrags, gehalten auf der 4. Fachtagung Hörrundfunk der Nachrichtentechnischen Gesellschaft (NTG) in Düsseldorf, 2. bis 4. November 1976.

Dieser Aufsatz erscheint zugleich in Engl./Franz. in der E.B.U. Review Technical/Revue de l'U.E.R. Technique Nr. 165 (Oktober 1977). This article is published simultaneously in English in the E.B.U. Review Technical No. 165 (October 1977). Cet article est publié simultanément en français dans la Revue de l'U.E.R. Technique N° 165 (Octobre 1977).

² Dr.-Ing. Paul Scherer ist Akademischer Oberrat am Institut für Technische Akustik der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen.

1.2. Übertragung der Schalleinfallrichtung in herkömmlicher Technik

In letzter Zeit ist zunehmend die Bedeutung erkannt worden, die der Übertragung der Schalleinfallrichtung zukommt. Sichtbarer Ausdruck dafür sind die neuerlichen Versuche mit der Kunstkopftechnik, die zweifellos beim Zuhörer eine gewisse Räumlichkeit des Höreindrucks zur Folge hat. Auch die Versuche mit den unterschiedlichen Spielarten der Quadrophonie müssen hier erwähnt werden. Einen Überblick über diese beiden Techniken im Rahmen einer Gesamtübersicht findet man in [1].

Die kritischen Einwände gegen beide Verfahren betreffen sowohl akustische als auch übertragungstechnische Gesichtspunkte.

Die wichtigsten Einwände seien hier kurz erwähnt. Kritiker der kopfbezogenen Stereophonie bemängeln vor allem, daß die Ortung in der vorderen Horizontalebene verfälscht erscheint, daß insbesondere Schallquellen, die sich in der Schnittlinie der Horizontal- und Medianebene weit weg vor dem künstlichen Kopf befinden, bei Kopfhörerempfang mehr oder weniger nach oben ausgewandert und vor allem in die Nähe des Kopfes des Zuhörers gerückt zu sein scheinen. Die Art der Lokalisation hängt dabei auch vom Frequenzgang des Übertragungsmaßes der verwendeten Kopfhörer ab. Kopfbewegungen haben keine „natürliche“ Änderung der Hörscene zur Folge, d. h. Peilen ist nicht möglich, weil kein natürliches raumbezogenes Schallfeld erzeugt wird.

Ein gewichtiger übertragungstechnischer Mangel ist darin zu sehen, daß dieses Verfahren mit der normalen monophonen und stereophonen Lautsprecherwiedergabe nicht kompatibel ist, weil der künstliche Gehörgang, dessen lineare Verzerrungen ganz erheblich sind, schon bei der Aufnahme durchlaufen wird.

Der Vierkanalquadrophonie wird entgegengehalten, daß trotz ihres hohen Übertragungsaufwands der akustische Gewinn unter üblichen Aufnahme- und Wiedergabebedingungen gegenüber der Zweikanalstereophonie zu gering sei.

Die Vierkanalquadrophonie kann aufgefaßt werden als der Versuch, mit der Übertragungsmethode

der Zweikanaltechnik eine Runduminformation zu übertragen.

Die herkömmliche Zweikanaltechnik übermittelt die Schalleinfallrichtung durch Amplituden- und/oder Phasenunterschiede zwischen ähnlichen Tenspannungen (**Bild 1**). Zur Übertragung werden zwei gleich gute Kanäle benötigt. Aus dem Unterschied der Spannungen, mit denen die Lautsprecher betrieben werden, ergibt sich für einen Zuhörer auf der Mittellinie zwischen den Lautsprechern eine virtuelle Schallquelle irgendwo zwischen den Lautsprechern. Sofern ihr gegenseitiger Abstand im Verhältnis zum Abstand des Zuhörers nicht zu groß ist, wandert die virtuelle Schallquelle mit der relativen Veränderung der Pegel annähernd gleichmäßig auf der Lautsprecherverbindungsline.

Dieses einfache Übertragungsprinzip hat hinsichtlich seiner technischen Realisierung bei mehr als zwei Lautsprecherkanälen gravierende Mängel. Grundsätzlich muß die Qualität aller Kanäle gleich hoch sein, und ihre Anzahl muß auf dem gesamten Übertragungsweg (FM-Strecke, Tonspeicher) genau der Anzahl der wiedergabeseitig verwendeten Lautsprecher entsprechen, d. h. mit der Kanalzahl auf dem Übertragungsweg ist der maximal mögliche Wiedergabeaufwand festgelegt. Die auf dem Übertragungsweg erreichte (und teuer erkaufte) Kanaltrennung wird akustisch wegen des Übersprechens im Aufnahmebereich gar nicht benötigt.

Die Zahl der notwendigen Lautsprecher für ein raumbezogenes Wiedergabesystem, das alle Schalleinfallrichtungen „rundum“, d. h. in Horizontal- und Vertikalebene wiederzugeben gestattet, ist sicherlich größer als vier, wahrscheinlich sogar beträchtlich größer, wenn man bedenkt, daß in einer Hörebene zwischen zwei Lautsprechern die Abbildung über $\pm 30^\circ$ hinaus problematisch ist. Eine solche Vielkanaltechnik ist jedoch im Hinblick auf die Kanalzahl auf dem Übertragungsweg (FM-Strecke, Tonspeicher) nicht realisierbar. Die Bereitstellung von mehr als zwei gleich guten Kanälen ist beim UKW-Rundfunk praktisch unmöglich, da dieser ursprünglich nur für einkanalige Übertragungen hoher Qualität eingerichtet war und schon zweikanalige Sendungen einen geringeren Störspannungsabstand haben. Jedoch auch im Regiebereich, z. B. beim Mischen und bei der Zwischenspeicherung, wäre die Handhabung vieler Kanäle ohne Automation zu schwierig.

Es lohnt sich daher, darüber nachzudenken, ob diese Technik zur Übertragung von Schalleinfallrichtungen richtig ist und ob nicht eine andere zweckmäßigere Lösung gefunden werden kann. Allerdings sollte beim Entwurf eines neuen Systems von vornherein daran gedacht werden, daß es mit der bereits weltweit eingeführten Zweikanaltechnik bei Rundfunk und Schallplatte technisch kompatibel ist, derart, daß sich das bereits eingeführte System als Spezialfall dieser neuen Technik auffassen läßt. Es sollten sich nämlich auch die vorhandenen Anlagen wie bisher weiter betreiben lassen, ohne daß die mögliche Qualitätssteigerung bei „systemgerechtem“ Ausbau leidet. Eine weitere Forderung sollte sein, ein neues Verfahren nicht auf die Zahl der Wieder-

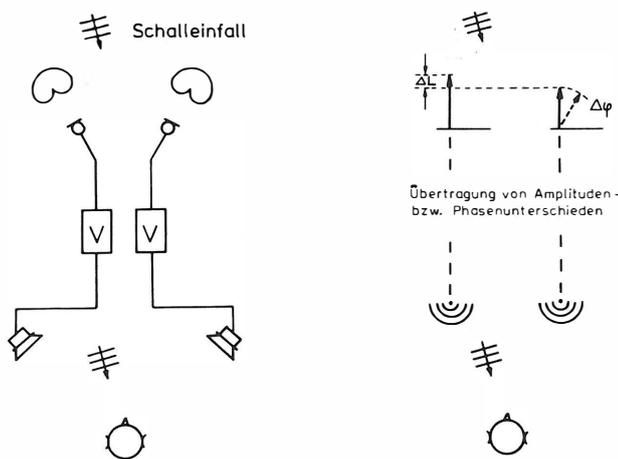


Bild 1
Übertragungsprinzip der Schalleinfallrichtung
in herkömmlicher Technik

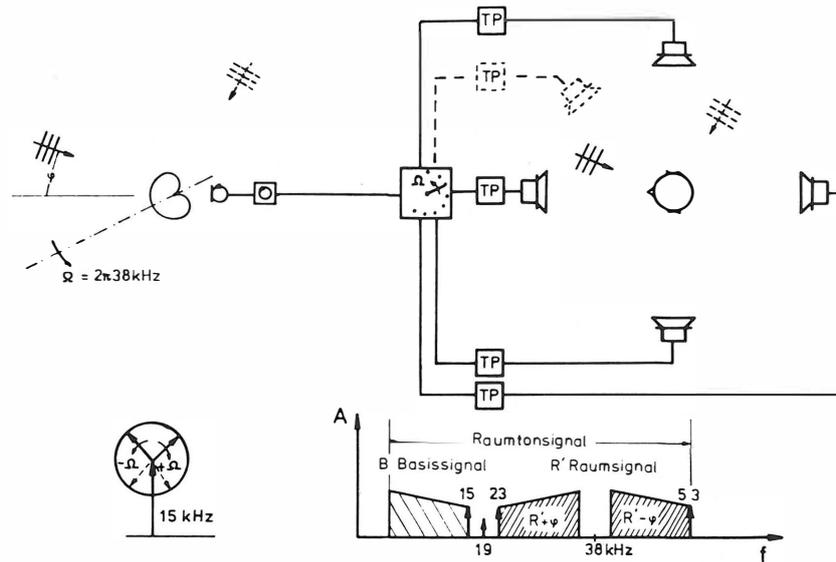


Bild 2

Übertragung der Schalleinfallrichtung durch räumliche Modulation

gabelautsprecher zu fixieren. Die Wiedergabeeinrichtung sollte dem jeweils gewünschten Qualitätsniveau entsprechend ausbaubar sein, ohne daß dadurch die Aufnahme- und Übertragungstechnik geändert werden müßte.

2. Übertragung der Schalleinfallrichtung durch räumliche Modulation (Eidophonie)

2.1. Erzeugung und prinzipielle Wiedergabe eines räumlich modulierten Signals

Das vorgeschlagene neue Verfahren [2, 3] überträgt in einer (bzw. mehreren) Ebenen die am Mikrofonort einfallenden Schallanteile richtungsgetreu und ist damit in der Lage, die gesamte Hörszene „rundum“, d. h. bildmäßig zu übertragen (Eidophonie). Die Eidophonie vermindert die Anzahl der auf dem Übertragungsweg benötigten Kanäle dadurch, daß sie grundsätzlich die Information über die Schalleinfallrichtung eines Schallereignisses von der Basisinformation über die Schallschwingung trennt.

Die Grundidee ist in **Bild 2** erläutert. Die einfallende Schallwelle wird über ein Kardioidmikrofon aufgenommen, dessen Richtcharakteristik in der Aufnahmeebene mit 38 kHz rotiert. Am Ausgang dieses „Drehmikrofons“ steht eine Niederfrequenzspannung zur Verfügung, die durch die schnelle Drehung der Richtcharakteristik mit 38 kHz amplitudenmoduliert ist. Alle entstehenden Seitenbänder fallen wegen der großen Drehgeschwindigkeit außerhalb des übertragenen Frequenzbereiches. Nur sie tragen die Information über die Schalleinfallrichtung, und zwar ist sie im Phasenwinkel dieser Seitenbänder codiert. Man erkennt dies leicht daran, daß eine Änderung des Schalleinfallswinkels eine ebenso große Änderung des Phasenwinkels bezüglich der Rotation der Richtcharakteristik bewirkt (**Bild 2**). Wenn keine bevorzugte Schalleinfallrichtung vorhanden ist, müssen folglich die Seitenbänder verschwinden. Bei allseitig gleichmäßigem Schalleinfall hat aber eine rotierende Richtcharakteristik in der Tat keine Modulation des Basissignals zur Folge.

In **Bild 2** ist vorausgesetzt, daß die Drehcharakteristik mit Hilfe von Gradientenmikrofonen erster Ordnung erzeugt wird. Unter dieser Voraussetzung entspricht der Frequenzbedarf des Raumsignals genau dem, den auch der amplitudenmodulierte zweite NF-Kanal bei UKW-Übertragung benötigt, weil die Rotation einer Gradientencharakteristik erster Ordnung eine sinusförmige Modulation mit der Rotationsfrequenz (38 kHz) zur Folge hat. Gemäß **Bild 2** besteht daher das gesamte Raumtonsignal (30 Hz bis 53 kHz) aus dem Basissignal (Niederfrequenz 30 Hz bis 15 kHz) und dem Raumsignal (23 kHz bis 53 kHz). Erst eine Gradientencharakteristik höherer Ordnung würde bei gleicher Drehgeschwindigkeit den Frequenzbedarf des Raumsignals steigern und damit die benötigte Bandbreite gegenüber der herkömmlichen Zweikanalübertragung über den FM-Sender vergrößern.

Die wiedergabeseitige Rückgewinnung der Schalleinfallrichtung erfolgt durch räumliche Demodulation. Der Demodulator kann aus Schaltern vor jedem Lautsprecher bestehen, die synchron mit der Richtcharakteristik „umlaufen“ und Kurzeitabschnitte des Raumtonsignals über Tiefpässe auf die Lautsprecherkanäle verteilen (vgl. **Bild 2**). Auf diese Weise können aus dem Raumtonsignal die Niederfrequenzsignale für eine beliebige Anzahl von Lautsprechern des Wiedergabekreises gewonnen werden.

Die in **Bild 2** vorausgesetzte rotierende Kardioidcharakteristik kann man sich entstanden denken aus einer Kugelcharakteristik, die das Basissignal aufnimmt, und einer in der Aufnahmeebene rotierenden Achtercharakteristik, die das Raumsignal liefert.

Die technische Realisierung des Drehmikrofons ist mit Modulation gemäß **Bild 3** möglich. Die Spannungen zweier räumlich unter 90° verschränkter koinzidenter Achtermikrofone werden jeweils mit 38-kHz-Sinusschwingungen moduliert, die um 90° gegeneinander phasenverschoben sind. Diese Schaltung liefert unter Beschallung das gleiche Signal, welches auch eine tatsächlich mit 38 kHz rotierende

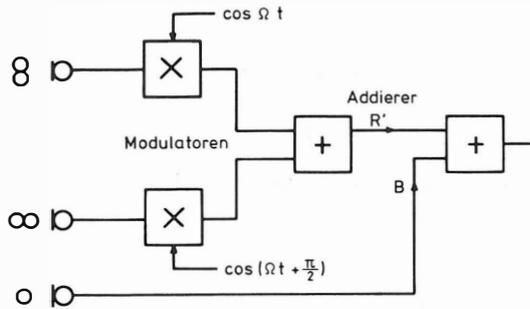


Bild 3

Drehmodulator zur Erzeugung des Raumtonsignals

Achtercharakteristik erzeugen würde. Durch Zumischen der Spannung eines eng benachbarten Kugelmikrofons erhält man schließlich eine in der Aufnahmeebene rotierende Nierencharakteristik. Ein 19-kHz-Pilotton übernimmt die Synchronisation des Raummodulators (38-kHz-Schwingung) und des wiedergabeseitigen Raumdemodulators und wird daher in geeigneter Stärke (ca. 30 dB unter Vollaussteuerung) dem Raumtonsignal zugesetzt (**Bild 2**).

Die allseitige Wiedergabe der Schalleinfallrichtung erfordert naturgemäß mehr als eine Abtast- und Wiedergabeebene, also auch mehr als ein Drehmikrofon. Wenn die Abtastung mit rotierenden Kardioiden 1. Ordnung erfolgt, genügen insgesamt zwei Abtastebenen, die aufeinander senkrecht stehen. Am einfachsten erfolgt die Übertragung der beiden Raumtonsignale über zwei getrennte Leitungen. Im Prinzip ist es jedoch auch möglich, die beiden Raumtonsignale im Zeitmultiplex zu übertragen, sofern die Umschaltung genügend schnell und immer dann erfolgt, wenn die Abtastrichtung beider Mikrofone übereinstimmt und ein wiedergabeseitiger Kurzzeitspeicher die Information eines Mikrofonumlaufts aufnimmt und dafür sorgt, daß bei der alternierenden Umschaltung der Wiedergabeebenen keine Austastlücke entsteht.

Eine solche Technik bedingt wegen der hohen Umschaltgeschwindigkeit entweder eine schnellere Rotation der Drehmikrofone oder aber eine Fre-

quenzbegrenzung der Wiedergabe der Schalleinfallrichtung bei ca. 9 kHz.

2.2. Technische Verarbeitung des Raumtonsignals im Regiebereich; Kompatibilität

Das Raumtonsignal enthält Basis- und Rauminformation im Frequenzmultiplex (vgl. **Bild 2**). Zu seiner Übertragung genügt ein Kanal mit der Bandbreite 30 Hz bis 53 kHz, wenn die Drehcharakteristik eine Kardioiden 1. Ordnung ist und nur eine Ebene abgetastet wird. Weil die Schalleinfallrichtungen im Phasenwinkel der Seitenbänder codiert sind, müssen an die Linearität des Phasengangs der Übertragungsstrecke besonders im Raumsignalbereich strenge Anforderungen gestellt werden. Frequenzabhängige Phasengänge stören im allgemeinen die Abbildung der Schalleinfallrichtung.

Andererseits benötigt das Raumtonsignal nur einen Kanal; die Kanalverstärkung beeinflusst Basis- und Raumsignal gleichzeitig und damit nur die Wiedergabelautstärke des Schallereignisses. Eine Änderung der Schalleinfallrichtung bei der Wiedergabe erfordert eine Änderung des Phasenwinkels der Seitenbänder. Das kann beispielsweise durch eine Phasenverschiebung der Synchronisation des Modulators und Demodulators erreicht werden. Dadurch ist das Mischen der Signale verschiedener Drehmikrofone und ihre Verarbeitung im Regiebereich besonders einfach. Die Mischung der Schallereignisse ist nach Lautstärke und Schalleinfallrichtung getrennt möglich. Das Prinzipschaltbild einer Raumtonregianlage (**Bild 4**) erinnert sehr an eine entsprechende monophone Anlage. Zusätzlich zu den Pegelreglern treten Regler für die Beeinflussung der Schalleinfallrichtung. Durch Phasenverschiebung der Rotationen der einzelnen Drehmikrofone – d. h. ihrer Pilotfrequenzen – lassen sich ihre Hörszenen auf einfache Weise gegenüber der „Mischszene“ bezüglich Richtung und Lautstärke verändern. Die Lautstärke und Raumlage der Mischszene wiederum kann vor dem Ausgang des Regiefeldes auf die gleiche Art durch den Summenregler verändert werden.

Es ist nicht notwendig, daß alle einzelnen Raumtonsignale, aus denen sich das Gesamtsignal zusam-

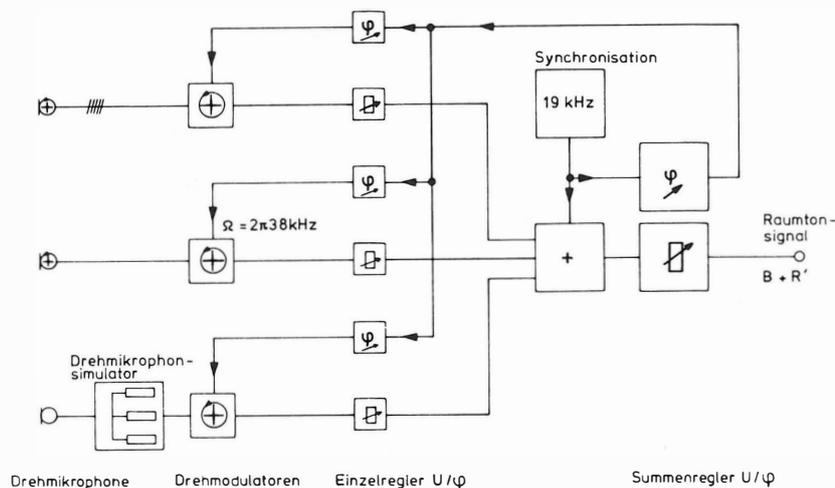


Bild 4

Regieanlage für Raumtonsignale

mensetzt, tatsächlich von Drehmikrofonen aufgenommen werden, die jeweils drei räumlich getrennt platzierte Mikrofonkapseln besitzen. Wenn der Schall eines Solisten an einer bestimmten Stelle der Hörzene eingefügt werden soll, kann dies über ein Einzelmikrofon und einen Drehmikrofonsimulator erfolgen (Bild 4). Die Schallquelle kann z. B. mit Hilfe eines Richtmikrofons aus unmittelbarer Nähe aufgenommen werden. Die Mikrofonspannung wird über drei besondere Dämpfungsglieder dem Eingang des Drehmodulators so zugeführt, daß sie sich nicht von denen unterscheidet, die die drei Kapseln unter bestimmten Schalleinfallswinkeln liefern würden. Durch die Einstellung dieser Dämpfungsglieder oder durch Veränderung der Phasenlage des zugehörigen Pilottons kann jede gewünschte Schalleinfallrichtung simuliert werden. Dies bedingt einen kleineren Mikrofonaufwand und hat darüber hinaus den Vorteil, daß der Schalleinfallswinkel ganz sicher frequenzunabhängig ist, was bei einer Koinzidenzordnung dreier Mikrofone wegen der unvermeidbaren Laufzeitunterschiede zumindest bei hohen Frequenzen schwierig zu erreichen ist.

Schon das Bild 2 zeigte, daß das Raumtonsignal mit beigefügtem 19-kHz-Pilotton frequenzmäßig genau dem Signal entspricht, mit dem heute UKW-Sender zweikanalig moduliert werden. Vom Ausgang des Regiefeldes kann daher das Raumtonsignal innerhalb der bestehenden Norm ausgestrahlt werden. Entscheidend ist jedoch, daß die normgerechte Demodulation mit anschließender Linearkombination (L + R; L - R), wenn sie auf das Raumtonsignal angewendet wird, die Bildung von zwei intensitätsstereophonen Signalen zur Folge hat: die Demodulation des Raumsignals liefert eine NF-Spannung, die auch ein Gradientenmikrofon erzeugen würde und die anschließend positiv bzw. negativ der Basisinformation aus einer Kugelcharakteristik hinzugefügt wird. Das Ergebnis sind zwei Signale, wie sie auch von zwei

um 180° versetzten Kardioidmikrofonen erzeugt würden.

In Bild 5 ist diese kompatible Demodulation dargestellt. Beim monophonen Empfang des Raumtonsignals wird lediglich das Basissignal empfangen. Die Eidophonie ist demnach bei Ausstrahlung des Raumtonsignals über UKW-Sender in technischer Hinsicht mono- und stereokompatibel.

Das Bild 5 faßt die Demodulationsmöglichkeiten des frequenzmultiplexen Raumtonsignals zusammen. Zur Demodulation wird das Signal gefiltert und anschließend mit einer 38-kHz-Schwingung multipliziert. Die vollständige Zerlegung des Raumtonsignals ins niederfrequente Kanalmultiplex führt insgesamt auf drei niederfrequente Tenspannungen. Aus dem Raumsignal lassen sich zwei Niederfrequenzsignale ableiten, deren Phasenlage gegenüber derjenigen der Basisinformation um den positiven respektive den negativen Schalleinfallswinkel verdreht ist. Bei gegebener Schalleinfallrichtung ist die Lage der drei Spannungsvektoren zueinander von der Frequenz und der niederfrequenten Phase unabhängig (Bild 5). Sie ändert sich auch nicht, solange die Phasen- und Amplitudengänge der drei Kanäle gleich sind. Aus diesem Grund ist in manchen Fällen - z. B. bei der Tonbandspeicherung oder Kompanierung - diese Signalform u. U. vorzuziehen. Das fertige Raumtonsignal müßte dann am Ausgang des Regiefeldes ins Kanalmultiplex umgesetzt und dreikanalig auf einer studioüblichen dreikanaligen Tonbandmaschine gespeichert werden. Auch die Übertragung zum Sender könnte im Kanalmultiplex erfolgen. Die Rücktransponierung ins Frequenzmultiplex müßte dann unmittelbar vor dem Sender erfolgen.

2.3. Überführung des Raumtonsignals ins Zweikanalmultiplex

Die Voraussetzungen zur Ausstrahlung des Raumtonsignals über FM-Sender können als optimal angesehen werden. Andere gängige „Übertragungs-

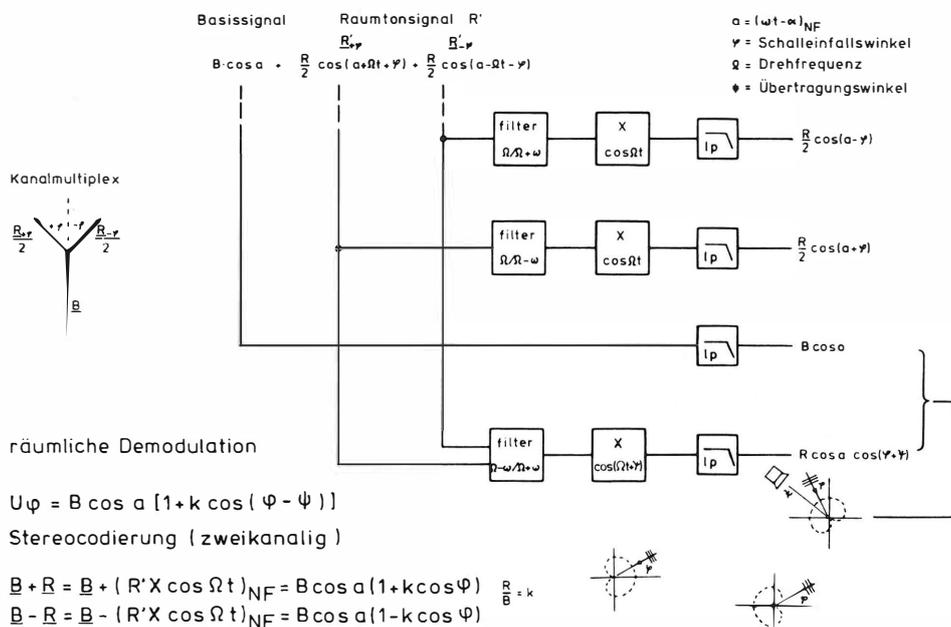


Bild 5 Demodulation des Raumtonsignals; Kompatibilität

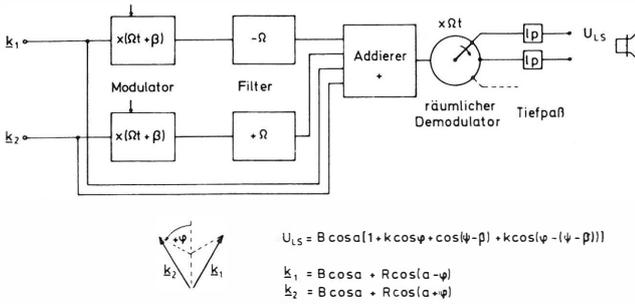


Bild 6

Wiedergabe des Raumtons eines Zweikanalmultiplex

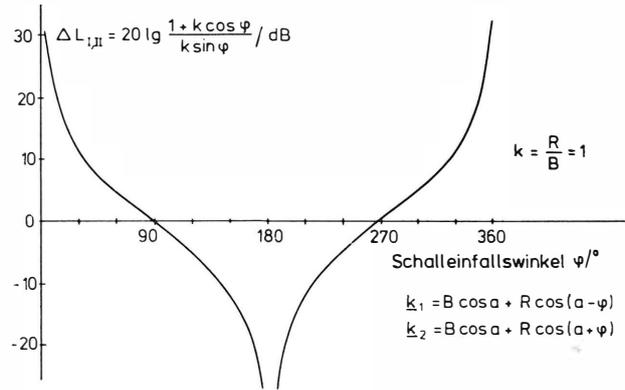


Bild 7

Kompatible Wiedergabe der beiden Kanalspannungen
in herkömmlicher Technik

strecken“, z. B. Schallspeicher, lassen eine frequenzmultiplexe Übertragung nicht ohne weiteres zu. Die Zahl möglicher NF-Kanäle ist bei der Schallplatte auf zwei beschränkt, so daß die im vorigen Kapitel erwähnte äquivalente Dreikanalübertragung des Raumtons auch nicht möglich ist, jedenfalls dann nicht, wenn man auf die Aufzeichnung höherer Frequenzen wie bei der Vierkanalschallplatte verzichtet.

Die Überführung des Raumtons ins zweikanalige Kanalmultiplex ist tatsächlich möglich, allerdings mit der Einschränkung, daß die Schalleinfallrichtungen bei eidophoner Wiedergabe nicht mehr – wie im vorigen Abschnitt – völlig gleichberechtigt sind [4].

Es würde den Rahmen dieser Arbeit, die ja der Rundfunkübertragung gewidmet ist, überschreiten, wenn wir uns an dieser Stelle eingehend mit der zweikanaligen Übertragung des Raumtons (Typ B) beschäftigen wollten. Es sei deshalb in **Bild 6** nur das Prinzip skizziert.

Das Basissignal wird jeweils mit einer der beiden aus den Seitenbändern des Raumsignals abgeleiteten Niederfrequenzspannungen zu einer niederfrequenten Kanalspannung kombiniert gemäß dem Vektordiagramm nach **Bild 6**. Aus diesen beiden

niederfrequenten Kanalspannungen kann durch Modulation mit 38 kHz und nachfolgender Filterung das Raumsignal bzw. schließlich das Raumtonsignal rekonstruiert werden, das dann in gewohnter Weise mit Schalterdemodulatoren demoduliert werden kann. Für die phasengleiche Übermittlung der beiden Kanalspannungen und des 19-kHz-Pilottons muß gesorgt werden. Es sei hier noch angemerkt, daß durch Wahl der Polung der Kanalspannungen und der Betriebsparameter die volle technische Kompatibilität zur herkömmlichen Zweikanalstereophonie erreicht werden kann, d. h., daß die niederfrequenten Kanalspannungen auch stereophon wiedergegeben werden können (**Bild 7**).

2.4. Wiedergabe räumlich gerichteter Schallfelder

Die eidophone Wiedergabe einer Ebene mittels Raumdemodulation wurde bereits in **Bild 2** skizziert. Die Lautsprecher werden in einer geschlossenen Linie – vorzugsweise in einem Karree – aufgestellt und über Tiefpässe von Schalterdemodulatoren gespeist, an deren Eingängen das Raumtonsignal anliegt. Dieses enthält die richtungsabhängige Schall-

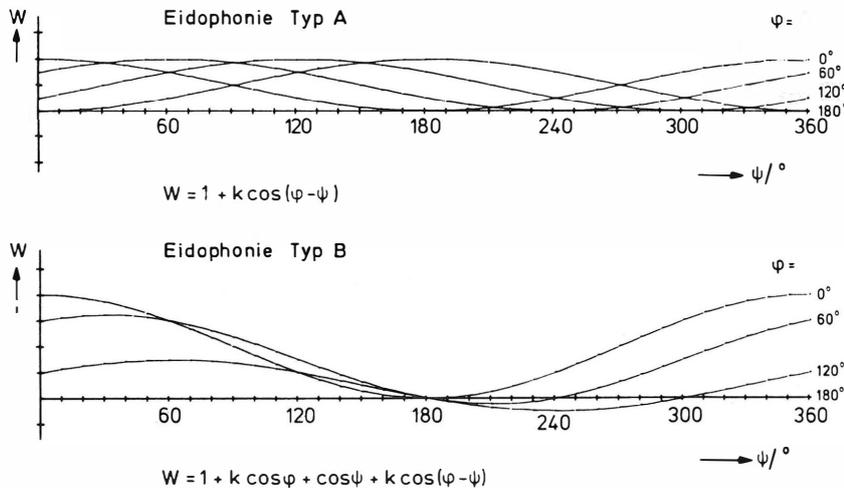


Bild 8

Lautsprecherbelegungsfunktionen

- W Lautsprecherbelegungsfunktion
- ψ Phase des Übertragungskanals
- φ Schalleinfallswinkel

information eines Punktes bzw. eines kleinen Bereichs von der Ausdehnung der Mikrofone. Solange die Rotation der Richtcharakteristiken schnell gegenüber der Niederfrequenz ist, wird diese von den Lautsprechern gleichphasig, jedoch in richtungsabhängiger, unterschiedlicher Stärke abgestrahlt. Die Belegungsfunktion der Lautsprecher – das ist bei definierter Schalleinfallrichtung ihre Maximalamplitude in Abhängigkeit vom Aufstellungswinkel – ist durch die Form der rotierenden Richtcharakteristik bestimmt. Im oberen Teil von **Bild 8** wird gezeigt, daß die Belegungsfunktionen von der Schalleinfallrichtung unabhängig sind und der verwendeten rotierenden Richtcharakteristik entsprechen. Im Unterschied hierzu zeigen die im unteren Teil des **Bildes 8** dargestellten Belegungsfunktionen des Verfahrens nach 2.3. (Eidophonie Typ B) deutlich ihre Abhängigkeit von der Schalleinfallrichtung.

Der Zweck eines Rechenmodells war es, einen Anhaltspunkt für das akustische Feld zu gewinnen, das sich innerhalb des Lautsprecherkreises einstellt, wenn die Lautsprecher konphas und monofrequent unter einer Belegungsfunktion nach dem oberen Teil von **Bild 8** betrieben werden. Es wurden verschiedene Lautsprecherkonfigurationen (Kreise, Quadrate, Rechtecke) bei unterschiedlichen Wellenlängen untersucht, wobei angenommen wurde, daß sich von allen Lautsprechern die Wellen kugelförmig ausbreiten und von den Raumbegrenzungen nicht reflektiert werden. Für sehr viele Punkte der Ebene innerhalb der Konfiguration wurden die resultierenden Schalldrücke nach Betrag und Phase berechnet und schließlich die Linien konstanter Phase und konstanten Betrags bestimmt. Das **Bild 9** zeigt ein typisches Ergebnis für eine Karreeaufstellung (6×6 m, 100 Hz, 16 Lautsprecher). Im weiten Bereich um das Zentrum entsprechen die Schalleinfallrichtungen der Schallwellenfronten weitgehend der originalen Einfallrichtung; die Form und Krümmung der Wellenfronten ist zum Rande hin der Konfiguration angepaßt; die Stärke der Schallwellen nimmt an der rückwärtigen Karreesseite (Raumbegrenzung) um etwa 10 dB ab, so daß Reflexionen von der rückwärtigen Wand nach dem zusätzlichen Reflexionsverlust kaum stören.

Zusammenfassend läßt sich folgendes sagen: Zur eidophonen Wiedergabe werden theoretisch minde-

stens drei Lautsprecher benötigt. Eine Vergrößerung der Lautsprecherzahl ist nach Belieben möglich, sie bringt den Vorteil, daß der Höreindruck weniger von der Zuhörerposition abhängt.

Auf Grund der Modelluntersuchungen dürfen wir erwarten, daß innerhalb eines relativ großen Bereichs um das Zentrum die Ortung einigermaßen richtungstreu ist und daß vor allem die „Akustik“ des Wiedergaberaums die Schallübertragung kaum beeinflusst, sofern die Zahl der Wiedergabelautsprecher nicht zu klein ist.

3. Akustische Erprobung

3.1. Wahrnehmung der Schalleinfallrichtung

Das Verfahren nach 2.1. (Eidophonie Typ A) wurde bei Abtastung einer Mikrofonebene und Wiedergabe über 16 Lautsprecher, die entweder im Kreis (6 m ϕ) oder im Karree (6×6 m) aufgestellt waren, akustisch erprobt. Als Aufnahme- und Wiedergaberaum diente wechselweise ein schallgedämpfter Raum und ein Raum mit mittlerer Halligkeit. Außerdem wurden einige Versuchsaufnahmen in einem Saal größerer Halligkeit vorgenommen.

Orientierende Hörversuche mit Wiedergabe in dem „normalen“ Raum ($T = 1,6$ s; $r_h = 0,6$ m) hatten gezeigt, daß zwar die Winkeltreue bei Karreeaufstellung etwas schlechter war, dafür aber der Höreindruck bei frontalem Schalleinfall etwas besser zu sein schien. Die 16 kleinen Lautsprecher waren jeweils an einem Ständer etwa in Kopfhöhe befestigt und in gleichen Winkelschritten über die Hörzene verteilt. Eine geringere Abhängigkeit von der Höhe der Zuhörerposition konnte durch Parallelschaltung zweier Lautsprecher erzielt werden, die vertikal in etwa 0,8 m Abstand angeordnet waren.

An dieser Stelle sollte erwähnt werden, daß trotz geringer Leistung der Einzellautsprecher innerhalb der Lautsprecherkonfiguration respektable Lautstärken zu erzielen waren und daß auf Grund der Anordnung vor allem die Tiefenwiedergabe wesentlich verbessert erschien.

Als Testsignal diente relativ „trockene“ Sprache, die über einen Drehmikrofonsimulator eidophon wiedergegeben wurde. Entsprechende orientierende Versuche mit gleichem System im schallgedämpften Raum zeigten, daß hier der Unterschied beider Konfigurationen zu Ungunsten der Kreisauflistung größer war. Letztere mußte so abgeändert werden, daß die Lautsprecher um ca. ± 20 cm alternierend von der Kreislinie abwichen und die Versuchspersonen etwa 0,3 m hinter dem Kreiszentrum Platz nahmen. In dieser Version brachte die Kreiskonfiguration akzeptable Ergebnisse. Die Elevation der virtuellen Schallquelle konnte so vermieden werden.

Zur Untersuchung der Ortung und Ortungsschärfe der eidophonen Übertragung in dem schallgedämpften Raum wurde den Versuchspersonen zunächst über einen von drei separaten Lautsprechern ein Standardschall dargeboten. Standard- und eidophoner Objektschall wurden alternierend der gleichen Modulation (Sprache) entnommen und waren hinsichtlich ihrer Schalleinfallrichtungen zu beurteilen. Durch Veränderung der Phase der 38-kHz-

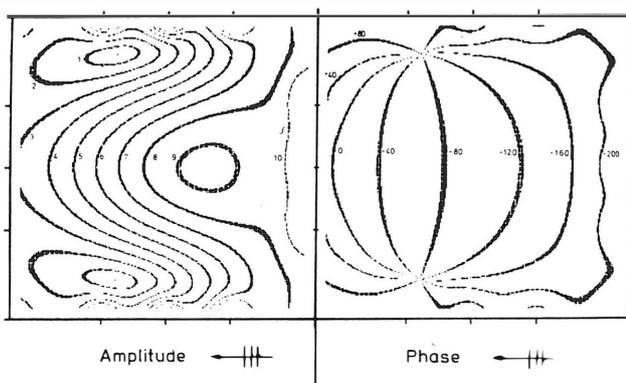


Bild 9

Eidophone Wiedergabe des Schallfeldes
Linien konstanter Phase und Amplitude im
zweidimensionalen Rechnermodell

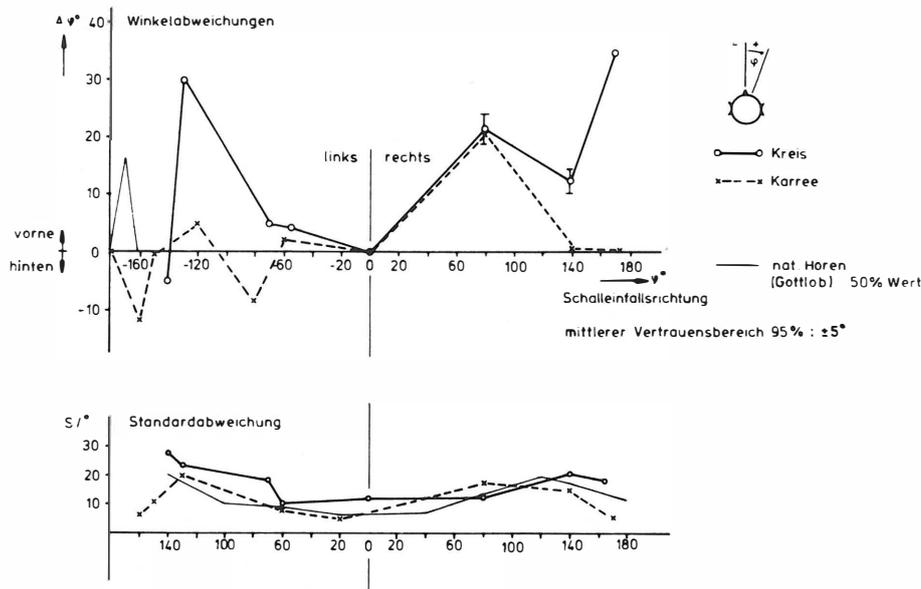


Bild 10
Ortung und Ortungsunschärfe bei eidophoner Wiedergabe

Schwingung konnte die Schalleinfallrichtung des eidophon abgestrahlten Signals auf die des Standards abgeglichen werden. Die Winkelabweichung von der Solleinstellung wurde elektronisch gemessen.

Das **Bild 10a** zeigt die eidophone Fehlortung in Abhängigkeit von der Schalleinfallrichtung. Die Ortung ist auch bei Karreeaufstellung erstaunlich winkeltreu und wird nach den Messungen von Gottlob [5] nur durch das natürliche Hören übertroffen. Die an gleicher Stelle publizierten Ergebnisse mit kopfbezogener Stereophonie nach dem Verfahren von Damaske [6] weisen teilweise größere Abweichungen auf. Die eidophonen Fehlortungen entstehen generell dadurch, daß die Schallquellen um bis zu 20° nach vorne geholt werden, was insbesondere bei Kreis aufstellung sich aus der ausmittigen Abhörposition erklärt.

Die an sich wichtigere Ortungsschärfe ist als sehr gut zu bezeichnen, auch im Vergleich mit den Messungen von Gottlob mit natürlichem Kopf (**Bild 10**).

Bei Vergleich der Zahlenwerte des Bildes ist zu berücksichtigen, daß Gottlob zur Bestimmung der Ortungsunschärfe das um den Faktor 0,75 schmalere 50 %-Intervall benutzt hat, so daß bei gleicher Ortungsschärfe seine Werte etwas niedriger liegen. Der Vergleich der Zahlenwerte ist indessen nicht so wichtig wie die Tatsache, daß die Verläufe der Ortungsunschärfe in Abhängigkeit vom Einfallswinkel sich entsprechen.

Im Vergleich zu der Ortung über ein System „Kunstkopf“ mit Lautsprecherwiedergabe nach Damaske ist die Ortungsschärfe bei eidophoner Übertragung keineswegs größer. Zu den Seiten hin ist sie sogar geringer. Dies ist wahrscheinlich auf geringe Peilbewegungen der Versuchspersonen zurückzuführen. Sie waren zwar nicht dazu aufgefordert worden, andererseits waren ihnen leichte Kopfbewegungen auch nicht untersagt worden, weil solche Bewegungen für das natürliche Hören als notwendig erachtet werden müssen.

Hörversuche im normalen Wiedergaberaum ($T = 1,6$ s; $r_h = 0,6$ m) mit der Sprache als Testsignal erwiesen sich als noch überzeugender. Eine Anzahl blinder Versuchspersonen hatte hier selbst bei strenger Kreis aufstellung der Lautsprecher keine Lokalisierungsschwierigkeiten. Die virtuelle Schallquelle war präzise, und ihre Bewegungen waren gleichmäßig. Nach den bisher vorliegenden Versuchserfahrungen scheint es demnach vorteilhaft zu sein, wenn gewisse „Störungen“ der Phasenflächen entweder durch Reflexionen oder durch Lautsprecherersatz erzeugt werden.

Die eidophone Mikrophonübertragung aus einem großen halligen Aufnahme raum in den schalltoten Raum zeigte eine erstaunliche Transparenz des indirekten Schalls. Selbst bei großen Entfernungen Schallquelle/Mikrofon schien die Lautstärke der Nutzquelle gegenüber der des indirekten Schalls nur unwesentlich geringer als im Original. Für gleichen Halligkeitseindruck mußten die Entfernungen um den Faktor 0,7 geringer gewählt werden. Da in den bisherigen Versuchen nur eine Ebene abgetastet wird, wird ein Teil des indirekten Schalls richtungslos wiedergegeben, so daß tatsächlich noch eine etwas zu hallige Wiedergabe erwartet werden muß.

Überzeugend echt war die Übertragung von Schüssen aus schalltoter Umgebung in den Normalraum ($T_n = 1,6$ s).

Innerhalb des Lautsprecherkranzes wurde die schalltote Atmosphäre überraschend gut wiedergegeben, außerhalb stieg der Halligkeitseindruck spürbar an. Diese Beobachtungen sind sowohl in Einklang mit der Modelluntersuchung (**Bild 9**) als auch mit denen eines einfachen Experiments in einem kreisrunden Wasserbecken. Die Wellen, die von einem nahe beim Zentrum auf die Wasseroberfläche fallenden Tropfen ausgehen, treffen nach ihrer Reflexion an der Gefäßwand in einem Ausgangspunkt wieder so zusammen, daß nach ihrem Zusammentreffen kaum noch eine Wellenbewegung registriert werden kann. Im letzte-

ren Teil – von der Reflexion an – entspricht dieses Experiment eidophoner Wiedergabe bei allseitigem Schalleinfall.

3.2. Akustische Störanfälligkeit der Raumtonwiedergabe

Es sollte die akustische Störanfälligkeit eidophoner Übertragung insbesondere im Bereich des Raumsignals (23 kHz bis 53 kHz) untersucht werden, da hier die UKW-Übertragung besonders starke Stör-signale impliziert. Es war zu vermuten, daß bei der Richtungs-demodulation Störsignale in die Niederfrequenzlage transponiert werden, ähnlich, wie dies auch bei der Demodulation des zweiten Kanals nach der UKW-Übertragung geschieht, daß aber die Störwirkung anders ist, weil sich dieses Rauschen rundum über die ganze Hörscene abbildet.

Orientierende Messungen mit einem im Bereich von 20 kHz bis 55 kHz weißen Rauschen (30 dB unter Vollaussteuerung, Spitzenwertanzeige) zeigten an jedem Demodulatorausgang einen NF-Rauschabstand von ca. 30 dB (psophometergefiltert). Im Hörtest jedoch erschien die Störwirkung des Rauschens geringer. Sie verringerte sich noch weiter, indem das Stör-spektrum bei gleichem Gesamtpegel auf die höchsten Frequenzanteile (40 kHz bis 55 kHz) beschränkt wurde.

Um die verminderte akustische Störwirkung des Raumsignalausgangs meßtechnisch zu erfassen, wurde sie verglichen mit derjenigen von Rauschen bei einkanaliger Übertragung. Eine separate Einkanalanlage strahlte ein Niederfrequenzrauschen ab, dessen Spektrum dem gleich, welches auch die Eidophonanlage – bei Rauschinjektion im Raumsignalsbereich – akustisch abstrahlte. Es wurde zunächst eine punktförmige Rauschquelle mit einer sehr breiten räumlichen „Rauschbelegung“ verglichen.

Für gleiche Lautstärkeempfindung mußte der Schallpegel bei eidophoner Wiedergabe im Mittel um 7,5 dB gesenkt werden. Dagegen erforderte die Wiedergabe gleich lauter punktförmiger Nutzmodulation (Sprache) bei beiden Systemen gleiche Schallpegel, d. h. punktförmige Quellen erscheinen gleich laut, ausgedehnt verteilte Quellen lauter als eine punktförmige gleichen Schallpegels.

Wenn nun in einem weiteren Versuch die Rausch-Nutzsignalabstände hinsichtlich der Gestörtheit eines punktförmigen Nutzsignals verglichen wurden, mußte jetzt für gleiche Störwirkung bei einkanaliger Wiedergabe sogar der Rauschpegel um ca. 2 dB vermindert werden.

In diesem Experiment mit Konzentration auf die gleich starken Nutzsignale erschien also das punktförmige Monorauschen um 2 dB lauter als das verteilte eidophone Rauschen. Gleichzeitig wurde angegeben, daß das eidophone Rauschen nur noch „ir-

gendwo von hinten“ zu hören sei. Die Versuchspersonen konnten sich bei eidophoner Wiedergabe offensichtlich besser auf das Nutzsignal konzentrieren. Allerdings muß gesagt werden, daß diese Störfreiung den Willen zur Konzentration voraussetzt, weshalb die Versuchspersonen diesen letzten Versuch als sehr schwierig bezeichneten.

Eine Beeinträchtigung der Schalleinfallrichtung der Nutzmodulation konnte auch bei größtem Störpegel nicht beobachtet werden. Erst wenn das Rauschen sehr viel stärker ist als die Nutzmodulation war, erschienen einigen wenigen Beobachtern die Schallquellen in der Mitte eleviert.

4. Schlußbemerkung

Eingangs wurde herausgestellt, wie wichtig die raumbezogene allseitige Wiedergabe von Schalleinfallrichtungen für die naturgetreue Schallübertragung ist. Es wurde ein neues Verfahren der raumbezogenen Stereophonie vorgestellt, welches bei gleichem Übertragungsaufwand über den FM-Sender die horizontale Hörebene rundum zu übertragen gestattet und dabei gegenüber der bisherigen Technik kompatibel ist. Es wurden die verfahrenstechnischen Vorteile des neuen Systems herausgestellt.

Die Hörversuche zeigten eine gute Transparenz des wiedergegebenen Raumschalls, die sicherlich auf der guten allseitigen Ortung basiert. Störspannungen im Bereich des Raumsignals erzeugen ein räumlich breites Rauschen, das bei vorhandenem Nutzsignal durch Konzentration unterdrückt werden kann. Ein bemerkenswertes Ergebnis der Hörversuche ist, daß räumlich ausgedehnte Nutzquellen lauter gehört werden. Hierin ist im Hinblick auf die begrenzte Schalldämmung von nebeneinander liegenden Wohnungen ein weiterer wichtiger Vorteil räumlicher Schallwiedergabe zu sehen.

SCHRIFTTUM

- [1] Kuhl W., Plantz R.: Kopfbezogene Stereophonie und andere Arten der Schallübertragung im Vergleich mit dem natürlichen Hören. Rundfunktechn. Mitt. 19 (1975), S. 120 bis 132.
- [2] Scherer P.: Akustische Erprobung eines neuen Verfahrens der raumbezogenen Stereophonie. Vortrag DAGA 1976, Heidelberg.
- [3] Scherer P.: Ein neues Verfahren der raumbezogenen Stereophonie mit verbesserter Übertragung der Rauminformation. 4. Fachtagung Hörrundfunk. NTG-Fachberichte Band 56. Düsseldorf, November 1976. VDE-Verlag.
- [4] Scherer P.: A new roomrelated stereophony reproduction system. 56 AES-Convention Paris, März 1977.
- [5] Gottlob D.: Vergleich objektiv-akustischer Parameter mit Ergebnissen subjektiver Untersuchungen an Konzertsälen. Dissertation 1973, Göttingen.
- [6] Damaske P.: Head-related two-channel stereophony with loudspeaker reproduction. J. Acoust. Soc. Am. 50 (1970), S. 1109–1115.

BESCHALLUNGSPROBLEME UND PUBLIKUMSBEZOGENE LÖSUNGEN AM BEISPIEL DER FASCHINGSVERANSTALTUNGEN IM GROSSEN SENDESAAL DES BAYERISCHEN RUNDFUNKS

VON WOLFGANG KARRETH UND HANS SCHMID¹

Manuskript eingegangen am 1. September 1977

Beschallungstechnik

Zusammenfassung

Bei einer Faschingsveranstaltung mit Live-Übertragung waren für die Anwesenden befriedigende akustische Verhältnisse herzustellen. Dabei war der unterschiedliche Charakter der Darbietungen nach ihrem Inhalt und der Art der Orchestergruppierungen zu berücksichtigen.

Während der Veranstaltung wurden bei den verschiedenen Auftritten Schallpegelmessungen vorgenommen und anschließend mit Aussagen des Publikums verglichen.

Summary Acoustical problems and audience solutions as exemplified by a carnival presented in the large sound studio of the Bayerischer Rundfunk.

During a live transmitted carnival acoustical conditions were produced which were satisfactory for these present. Thereby the diverse character of the material presented was taken into account according to content and type of orchestration.

During the event the sound intensity of the various numbers was measured and finally compared with statements of the public.

Sommaire Problèmes de sonorisation et solutions pour le public d'après l'exemple des festivités du carnaval ayant lieu dans la grande salle d'émission du Bayerischer Rundfunk

Lors d'une fête de carnaval avec transmission en directe, le but était de procurer des conditions acoustiques satisfaisantes pour le public. On devait également tenir compte de la diversité des spectacles: leur genre, la constitution, le volume et la place des orchestres dans la salle.

Pendant les divers spectacles on a mesuré le niveau acoustique et on a comparé ensuite ces résultats à l'avis du public.

1. Einleitung

Durch die heutige Aufnahmetechnik bei Tanzmusik ist der Hörer ein so ausgeprägtes Klangbild gewöhnt, daß es zunehmend schwieriger wird, dieses für Einspielungen bei Veranstaltungen auch nur annähernd herzustellen, insbesondere, wenn dabei Playbackauftritte mit Originaldarbietungen abwechseln.

Daraus ergibt sich nun, daß die technischen Anforderungen, die an eine Beschallungsanlage zu stellen sind, den gestiegenen Erwartungen angepaßt werden müssen.

Bei Studioaufnahmen sind Wiedergabe und Aufnahme räumlich getrennt. Damit besteht die Möglichkeit, Originallautstärken verschiedener Instrumente entweder zu verstärken oder abzuschwächen.

Im Gegensatz dazu erfolgt die Beschallung bei Veranstaltungen im selben Raum wie das Originalschallereignis. Um ein ausgeglichenes Klangbild herzustellen, bleibt also nur der „Weg nach oben“, das heißt, zu leise Instrumente zu verstärken.

Aber auch dem sind recht früh Grenzen durch die akustische Rückkopplung gesetzt. Um besonders hohe Unterschiede in den Originallautstärken zu überwinden (z. B. Sänger – Orchester), ist es also nötig, durch geeignete Maßnahmen die Rückkopplungsgrenze möglichst weit nach oben zu schieben.

Abgesehen von den technischen Möglichkeiten erhebt sich aber die Frage, welche Verstärkungen sinnvoll sind bzw. wann das Publikum die Lautstärke als zu hoch empfindet.

Am Beispiel der Faschingsveranstaltungen im Studio 1 des Bayerischen Rundfunks sollen nun diese Probleme im einzelnen behandelt und mögliche Lösungen aufgezeigt werden. Dabei wurde besonders darauf Wert gelegt, die Reaktionen des Publikums zu erfassen und diese mit den gemessenen Schallpegeln der aufgetretenen Orchester in Beziehung zu setzen.

2. Beteiligte Orchester

Bei den Orchestern handelte es sich um die Big Band von Radio Ljubljana, das Orchester Ambros Seelos, einer Tanz- und Showband mittlerer Größe, und das Pasadena Roof Orchestra, einer Dixieband im Stile der zwanziger Jahre.

Diese drei Orchester mit verschiedenen großen Besetzungen sollten an jedem Punkt der ca. 320 m² großen Tanzfläche ohne große Unterschiede des Lautstärke- und Klangeindrucks in befriedigender Qualität zu hören sein. Dabei mußte die Einspiel-lautstärke zwangsläufig an die natürliche Lautstärke des größten Orchesters angepaßt werden, in diesem Fall der Big Band. Obwohl hier die natürliche Lautstärke bereits bis zu 97 dB (A) betrug, mußten Soloinstrumente (Klarinette, Saxophon, Trompete) zusätzlich eingespielt werden, um sie aus den allgemeinen Geräuschen der Tanzveranstaltung soweit herauszuheben, daß sie auch an entfernten Plätzen des Saales voll zur Geltung kommen konnten.

Das zweite Orchester (Ambros Seelos) verwendete eine eigene Beschallungsanlage. Damit gab es nur noch geringe Möglichkeiten, dessen Darbietungen in ein gemeinsames Konzept einzufügen.

¹ Ing. (grad.) Wolfgang Karreth und Ing. Hans Schmid sind Ton-ingenieure beim Bayerischen Rundfunk, München.

Das dritte Orchester (Pasadena Roof Orchestra) benötigte insgesamt die elektroakustische Unterstützung durch die Beschallungsanlage.

3. Solisten

Zusammen mit der Big Band traten Gesangssolisten auf, deren Stimmen auf eine Lautstärke von über 100 dB (A) verstärkt werden mußten, um sie nicht im Orchesterklang untergehen zu lassen.

Da bei alleiniger Verstärkung der Solostimmen das Klangbild des über die Beschallungsanlage wiedergegebenen Solisten und des Orchesters auseinanderfiel, mußte auch das Orchester mit einem geringen Zusatzpegel eingespielt werden. Die Gesamtlautstärke wurde dadurch nur unwesentlich erhöht, die empfundene Unnatürlichkeit der sehr laut wiedergegebenen Stimme jedoch gemildert.

Außerdem erwies es sich als sinnvoll, das Signal des Solistenmikrofons mit einem relativ hohen Hallanteil zu versehen. Der mit einer Nachhallzeit von etwa 2,5 s verhaltene Anteil wurde maximal mit einem Pegel zugemischt, der nur 6 dB unter dem unverhaltenen Signal lag.

4. Conferencier

Der Conferencier mußte auch im Saal mit unruhigem Publikum bis in die Saalecken zu verstehen sein. Dazu waren Lautstärken zwischen 85 und 90 dB (A) erforderlich. Dieser Wert stimmt auch mit Erfahrungen aus anderen Veranstaltungen überein.

5. Beschallung der Bühne

Für die Bühne wurde eine elektroakustische Versorgung benötigt, um den Solisten bei voller Lautstärke des Orchesters eine ausreichende Hörkontrolle über ihre eigene Darbietung zu ermöglichen. Dazu mußte die Beschallung der Bühne vom Saal unabhängig erfolgen. Da die Notwendigkeit der Bühnenbeschallung sich aus den großen Lautstärken des Orchesters ergab und nicht von den durch das Publikum erzeugten Geräuschen abhing, war diese Einrichtung bereits während der Verständigungsproben zwischen Orchester und Solisten erforderlich.

6. Technische Einrichtungen

Im Studio 1 des Bayerischen Rundfunks ist eine Beschallungsanlage fest installiert, die aus 5 Lautsprecherampeln der Firma Siemens und 5 Leistungsverstärkern A 60 von Klein & Hummel (je 60 W Sinus) besteht. Bei Veranstaltungen dieser Größenordnung reicht diese Anlage jedoch nicht aus, um die nötige Lautstärke zu erzeugen. Es mußte daher zusätzlich eine leistungsfähige Anlage aufgebaut werden.

Diese bestand aus einem 4-Kanal-Mischpult mit 12 Eingängen der Firma Studer, drei 160-W-Röhrenverstärkern und einem Transistorverstärker (2 x 120 W) von Dynacord. Insgesamt 10 Lautsprecher von Dynacord mit jeweils 80 bis 100 W Dauertonbelastbarkeit wurden zusätzlich aufgestellt (vier „Mosquito“, vier D 410, zwei S 86). Zur Verhallung

wurde das Nachhallgerät BX 20 der Firma AKG eingesetzt. Als Solistenmikrofone standen SM 58, SM 588 und SM 54 der Firma Shure sowie KMS 85 der Firma Neumann zur Verfügung.

Das Mischpult für die Beschallungsregie wurde auf einem Turm an der Saalrückwand untergebracht (**Bild 1**), um einen direkten Eindruck der Lautstärke- und Klangverhältnisse im Saal zu haben. Das Nachhallgerät stand im Tonregieraum, um Körperschalleinflüsse auszuschließen.

Diese Beschallungsregie war über 10 Querverbindungen mit dem Tonregieraum verbunden und über 2 weitere Leitungen mit den Leistungsverstärkern, die auf der Bühne untergebracht waren, um unnötig lange, niederohmige Lautsprecherleitungen zu vermeiden.

Von den zusätzlichen Lautsprechern wurden vier auf der Bühne als Solistenmonitore verwendet.

Sechs weitere wurden von der Bühnenrampe aus zur Saalbeschallung verwendet. Da das Publikum während der Solodarbietungen auf dem Boden saß, wurden die Lautsprecher in der Höhe gestaffelt.

Außerdem wurden die fünf Lautsprecherampeln der fest installierten Anlage eingesetzt.

7. Mischeinrichtung

Um den gestellten Anforderungen an ein ausgewogenes Klangbild gerecht zu werden, war es erforderlich, die verschiedenen Lautsprechergruppen getrennt anzusteuern und zu entzerren.

Dazu wurde das Studerpult entsprechend **Bild 2** beschaltet. Hauptmerkmal dieser Schaltung ist die

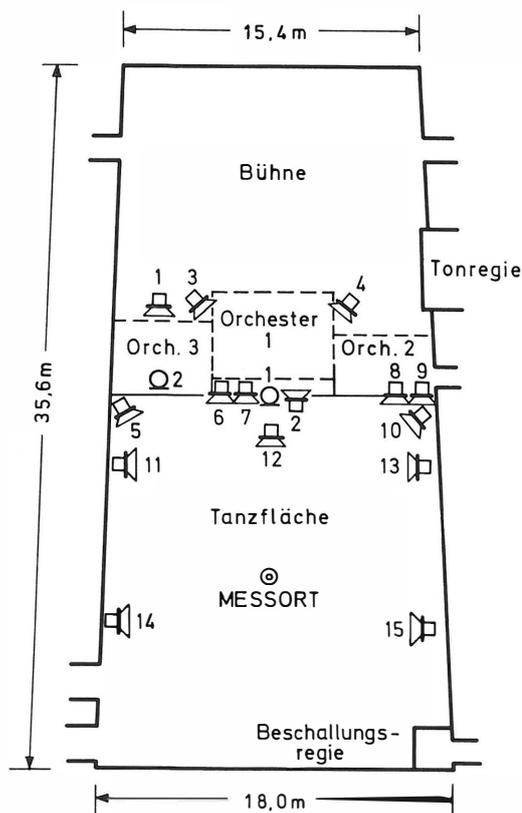


Bild 1

Anordnung der Beschallungsanlage

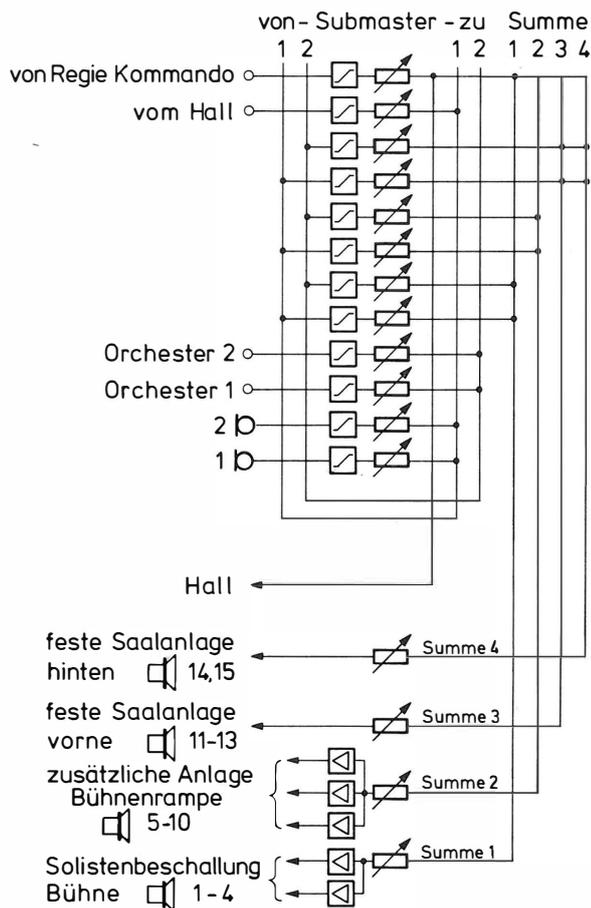


Bild 2
Schaltung der Regieeinrichtung

Möglichkeit, die Eingänge in zwei Gruppen aufzuteilen, diese Gruppen dreimal unabhängig voneinander zu mischen und diese Mischungen auf vier getrennte Ausgänge zu verteilen. So können die drei Lautsprechergruppen Bühne, Bühnenrampe und feste Saalanlage zusätzlich zur Entzerrung der Eingänge auch einzeln nachentzerrt werden, um Klangmängel der Lautsprecher auszugleichen, und vor allem, um Rückkopplungsfrequenzen auszufiltern, die, durch die räumliche Anordnung der Lautsprechergruppen und Mikrofone bedingt, in unterschiedlichen Frequenzbereichen liegen. So ergeben sich für die Solomikrofone über die Solistenmonitoren andere Rückkopplungsfrequenzen als über die Lautsprecher, die an der Bühnenrampe stehen. Für die Orchestermikrofone ergeben sich zusammen mit den verschiedenen Lautsprechergruppen wieder andere Eigenfrequenzen. Daraus resultiert die Notwendigkeit, auch in der Entzerrung zwischen Solo- und Orchestermikrofonen zu unterscheiden.

Hinzu kommt noch, daß bei Gesangssolisten, die vor dem Orchester stehen, auf der Bühne nur der Gesangsanteil eingespielt werden soll, im Saal aber, wie schon erwähnt, Gesangs- und Orchesteranteil.

Über die vier Summenregler kann die Lautstärke der Lautsprechergruppen einzeln eingestellt werden. Um auch die vier Aussteuerungsmesser des Studerpults als Übersteuerungsanzeige zu verwenden, muß die gesamte Anlage auf maximal erreichbare, un-

verzerrte Lautstärke eingepegelt werden. Dies geschieht am besten mit geeigneter Modulation vom Band (Tanzmusik).

Ferner müssen die Entzerrer für die Solistenmikrofone so eingestellt werden, daß bei der geringsten zu erwartenden Originallautstärke (Sprache des Conferenciers etc.) volle Aussteuerung ohne Rückkopplung möglich ist. Durch die oben erwähnte gezielte Entzerrung können hier bis zu 10 dB gewonnen werden. Gelingt dies nicht, so müssen diejenigen Lautsprecher, die als erste koppeln, am betreffenden Leistungsverstärker leiser eingestellt werden. So ergeben sich aus Reglerstellung und Aussteuerungsanzeige sehr genaue Werte für die Rückkopplungsgrenze der Anlage.

8. Auswahl der Mikrofone

Es wurde festgestellt, daß die von den Herstellern angegebenen Daten wie Empfindlichkeit, Frequenzgang und Richtcharakteristik bei wenigen Frequenzen sehr wenig darüber aussagen, wie sich das Mikrofon in der Praxis einsetzen läßt. Solange keine weiteren Parameter zur Verfügung stehen, bleibt nur der Vergleich verschiedener Mikrofontypen im praktischen Betrieb.

Hinsichtlich der Rückkopplungsneigung erwiesen sich das SM 58 und das SM 588 als etwa gleichwertig. Beim SM 54 setzte das Rückkopplungspeifen bereits bei einem um 6 dB niedrigeren Pegel ein. Beim KMS 85 war diese Grenze sogar um 10 dB niedriger.

Das SM 58 liefert ein präzises, volles Klangbild und ist wenig handempfindlich.

Das SM 588 betont die tiefen Frequenzen noch stärker, die Handempfindlichkeit ist aber größer. Außerdem tritt ein „Entfernungseffekt“ auf, d. h. bei Schwankungen in der Entfernung Mikrofon – Schallquelle ändert sich die Ausgangsspannung unverhältnismäßig stark.

Beim SM 54 und beim KMS 85 sind die tiefen Frequenzen sehr stark beschnitten; dadurch entsteht ein sehr dünner Klang. Die Handempfindlichkeit ist bei beiden gering.

Auf Pop-Laute reagieren die drei Typen von Shure noch befriedigend, das KMS 85 nicht.

Als Ergebnis dieser Versuche wurde dann das SM 58 verwendet.

9. Schallpegelmessung

In der Mitte der Tanzfläche im Studio 1 (**Bild 1**) wurden während der Veranstaltung mit einem Schallpegelmesser vom Typ Rhode & Schwarz ELT BN 4514 die mittleren A-bewerteten Schallpegel der drei Orchester gemessen. Die Big Band wird in **Bild 1** und im Folgenden als Orch. 1 bezeichnet, Ambros Seelos als Orch. 2 und das Pasadena Roof Orchestra als Orch. 3. Bei der Big Band wurde die Messung sowohl in Verbindung mit der Gruppe „Love generation“ (Sol. 1) als auch mit der Gesangssolistin Etta Cameron (Sol. 2) zusätzlich durchgeführt; beim Pasadena Roof Orchestra zusätzlich mit dessen Sänger (Sol. 3), um herauszufinden, um wieviel der Schallpegel angehoben werden muß, wenn Solisten über dem Orchester zu verstehen sein sollen.

Tabelle 1 zeigt diese Meßergebnisse.

Orchester	Mittlerer Schallpegel in dB (A)
Orch. 1	97
Orch. 1 + Sol. 1	103
Orch. 1 + Sol. 2	103
Orch. 2	93
Orch. 3	90
Orch. 3 + Sol. 3	95

Tabelle 1

Mittlere Schallpegel der verschiedenen Orchestergruppierungen

Die Schallpegel wurden jeweils bei eingeschalteter Saalbeschallung gemessen. Dabei wurde Orchester 1 mit ca. -10 bis -15 dB bei Aussteuerungsspitzen eingespielt.

Die Stimmen der Solistengruppe 1 wurden soweit verstärkt, daß sie sich deutlich aus dem Orchesterklang abhoben.

Die Solostimme 2 wurde wiederum so laut eingespielt, daß sie gegenüber dem Orchester gut verständlich war. An Gesangssolostellen ergaben sich dabei Schallpegel von etwa 100 dB (A), die ausschließlich durch die Einspielanlage erzeugt wurden.

Beim Orchester 2 wurde mit Ausnahme von Titeln mit Showcharakter auf eine Einspielung verzichtet, weil eine eigene Verstärkeranlage verwendet wurde.

Das Orchester 3 wurde mit Vollaussteuerung bei Aussteuerungsspitzen eingespielt. Auch zusammen mit dem Solisten 3 wurde Vollaussteuerung erreicht, wobei für dessen Verstärkung wiederum die Verständlichkeit gegenüber dem Orchester maßgebend war.

10. Publikumsbefragung

Jeweils direkt nach den Schallpegelmessungen wurden zu jeder der sechs Darbietungsvarianten 20 beliebige Personen über ihre Meinung zur gebotenen Lautstärke befragt. Die Personen befanden sich ebenfalls in der Mitte der Tanzfläche.

Die Frage lautete: „Ist Ihnen dieses Orchester zu laut, zu leise oder angenehm?“

Tabelle 2 zeigt die Umfrageergebnisse.

Orchester	von x% der Zuhörer wurde empfunden als		
	zu laut	angenehm	zu leise
Orch. 1	50	50	–
Orch. 1 + Sol. 1	20	75	5
Orch. 1 + Sol. 2	15	80	5
Orch. 2	10	80	10
Orch. 3	15	85	–
Orch. 3 + Sol. 3	15	85	–

Tabelle 2

Umfrage zur Lautstärke der Orchestergruppierungen

Die Befragung zeigt, daß ein bestimmter Schallpegel während des Tanzens anders empfunden wird, als bei einer musikalischen Darbietung mit Konzertcharakter. Obwohl bei beiden Shows (Orch. 1 + Sol. 1

bzw. Orch. 1 + Sol. 2) der Schallpegel im Mittel um 6 dB (A) höher (!) lag, als bei der Big Band als Tanzorchester, waren dort 75 bzw. 80 % der Befragten mit der Lautstärke voll einverstanden, während sich hier die Hälfte der Befragten bereits belästigt fühlte.

Bei der Etta-Cameron-Show (Orch. 1 + Sol. 2) sollte die Lautstärke des Orchesters plus Solistin laut Umfrage nicht mehr zunehmen. Zwei Zuhörer erklärten jedoch, die Sängerin könne noch etwas stärker gegenüber dem Orchester hervortreten.

Daraus folgt, daß das Gesangssolo mindestens mit dem Pegel eingespielt werden muß, den die Big Band mit ihrem Originalschall plus ihrem eingespielten Anteil erreicht. In unserm Fall lag der Soloanteil sogar um ca. 3 dB (A) über dem Orchesteranteil. Wenn nun die Solistin noch stärker hervortreten soll, die höchste erwünschte Lautstärke im Saal aber schon erreicht ist, besteht nur noch die Möglichkeit, das Orchester leiser spielen zu lassen. Keinesfalls darf die Einspielung des Orchesters zurückgenommen werden, da diese ja erst das durchsichtige Klangbild im Saal bewirkt und leisere Instrumente zur Geltung bringen kann.

Als Bestätigung für diese Überlegung kann das Pasadena Roof Orchestra (Orch. 3) betrachtet werden. Der Schallpegel des Orchesters mit dem Sänger betrug im Mittel 95 dB (A) und lag damit um ca. 5 dB (A) höher als derjenige des Orchesters allein.

11. Schlußfolgerung

Die Einspielung für Orch. 3 und Orch. 3 + Sol. 3 hat sich sehr bewährt. Dies war auch das einzige der Orchester, das ohne eigene Verstärker spielte und damit die Mischung der Einspielung ganz dem Toningenieur überließ.

Nicht ganz so zufrieden waren die Zuhörer bei Orch. 2, bei dem alle Mikrofone über eine orchester-eigene Anlage verstärkt wurden. Zur Einspielung stand lediglich die fertige Mischung zur Verfügung, wodurch eine differenzierte Beschallung von vornherein ausgeschlossen war. Hier wäre eine wesentliche Verbesserung möglich.

Am wenigsten Gefallen fand das Publikum an der Lautstärke im Saal während der Auftritte von Orch. 1. Es ist bedenklich, wenn die Hälfte der Befragten sich von der gebotenen Lautstärke belästigt fühlt. Auf die Einspielung kann aus obengenannten Gründen nicht verzichtet werden. Die Lautstärke ließe sich somit nur reduzieren, wenn die Big Band etwas leiser spielen würde. Damit würde sich auch der Pegel der Einspielung vermindern, der jedoch hier eine untergeordnete Rolle spielt.

Die Kombination aus Orch. 1 und Solisten fand annähernd dieselbe Zustimmung beim Publikum wie die beiden anderen Orchester.

Das Ergebnis der Befragung zeigt ferner, daß die gewünschte Lautstärke auch von Inhalt und Art der Darbietungen abhängt.

So wurde beim Orchester 2 eine größere Lautstärke gewünscht als beim Orchester 3, obwohl es bereits auf einen um 3 dB (A) höheren Pegel kam.

Beim Orchester 3 akzeptierte das Publikum beim Soloauftritt einen um 5 dB (A) gestiegenen Pegel gegenüber der reinen Orchesterdarbietung.

DAS SENDERNETZ DER DEUTSCHEN WELLE¹

VON GUSTAV-GEORG THIELE²

Manuskript eingegangen am 8. Dezember 1976

Kurzwellenversorgung

Zusammenfassung

Der Aufsatz beschreibt die Sendestationen der Deutschen Welle im Inland (Jülich und Wertachtal) sowie die Relaisstationen in Ruanda, Portugal, auf Malta und in der Karibik. Es werden die Aufgaben und technischen Ausstattungen dieser Stationen behandelt und abschließend wird kurz auf die geplante fünfte Relaisstation zur Verbesserung der Empfangsbedingungen in Asien und Australien eingegangen.

Summary The transmitter network of the Deutsche Welle

The report deals with the inland transmitting stations of the Deutsche Welle (Jülich and Wertachtal), as well as the relay stations in Rwanda, Malta, and in the Caribbean. The tasks and technical equipment of these stations are discussed, and finally the project of the fifth relay station, planned to improve receiving conditions in Asia and Australia, is briefly mentioned.

Sommaire Le réseau d'émission de la Deutsche Welle

L'article décrit les stations d'émission de la Deutsche Welle en RFA (Jülich et Wertachtal) ainsi que les stations de relais au Rwanda, au Portugal, à Malte et aux Caraïbes. Il traite des but et de l'équipement technique de ces stations. A la fin, est mentionné le projet d'une cinquième station de relais, en vue de l'amélioration des conditions de réception en Asie et en Australie.

1. Einleitung

Die Physik der Kurzwellenausbreitung spielt bei der Planung von Kurzwellensendestationen eine entscheidende Rolle, da die Ionosphäre mit ihren zeitlich und räumlich stark variierenden Eigenschaften intensiven Einfluß auf die Übertragung des Signals hat [1].

Für eine weltweite Versorgung auf Kurzwelle in 34 Sprachen mit täglich 84 Programmstunden ist ein entsprechender Aufwand an Sender- und Antenneninstallationen notwendig. Die Zahl der Sender und Antennen hängt vom Programmangebot, der zeitlichen Länge jedes einzelnen Programmes und der Verteilung der Programme über den Tag sowie von der Zahl und Flächenausdehnung der zu versorgenden Empfangsgebiete und deren Entfernungen vom Senderstandort ab. Wegen der ionosphärischen Ausbreitungsbedingungen müssen bei der Zielgebietsversorgung für jedes Programm mehrere Frequenzen, also Sender, gleichzeitig eingesetzt werden.

Für die Ausstrahlung des genannten Programmvolumens werden 35 Sender benötigt. Anfang des Jahres 1977 standen der Deutschen Welle 27 Sender und 140 Antennen zur Verfügung [2].

2. Sendestationen im Inland

Nach dem Krieg waren leistungsfähige Senderanlagen für den deutschen Kurzwellenrundfunk nicht mehr verfügbar. Deshalb begann der damalige NWDR im Jahre 1950 Kurzwellenversuchssendungen mit Sendern kleiner Leistung und einfachen Antennen-

nensystemen mit geringem Strahlungsgewinn auf der Station Norden-Osterloog.

Ein dreistündiges deutschsprachiges Programm, das im Versuchsbetrieb in den Richtungen Fernost, Nahost, Afrika, Südamerika und Nordamerika abgestrahlt wurde, brachte ermutigende Empfangsergebnisse, so daß sich der NWDR entschloß, für diese Programmaustrahlungen eine leistungsstarke Kurzwellenstation zu bauen. Sie sollte den Anforderungen einer ausreichenden Versorgung in Zielgebieten der genannten Weltregionen gewachsen und für die Ausstrahlungen von fremdsprachigen Sendungen ausbaufähig sein.

2.1. Planung und Bau der KW-Station Jülich

Bei dieser Aufgabenstellung mußten jedoch die Senderzahl und die Senderleistung erhöht werden und ausreichend viele Richtantennen mit möglichst hohem Strahlungsgewinn verfügbar sein. Für die Errichtung der Anlage wurde ein Gelände nördlich der Stadt Jülich gefunden.

Es wurden neun Betriebssender und ein Reserve-sender installiert. Die sechs- und fünfstufigen 100-kW-Sender sind in den Hochleistungsstufen mit sie-degeköhlten Trioden bzw. Tetroden bestückt. Jeder der zehn Sender kann mit Hilfe eines zentralen Prozeßrechners wahlweise auf jede der verfügbaren Antennen geschaltet werden.

In der ersten Baustufe wurden drei mal sechs Vorhangantennen vorgesehen. Davon sollten zwölf in ihrer Hauptstrahlrichtung um 180° schwenkbar sein. Die Antennen wurden, bedingt durch die Zielgebietsrichtungen, in der Position eines dreiarmligen Sterns aufgebaut, in dessen Mitte sich die Sendestation befindet. Jeder Sternarm wurde mit strahlungsgekoppelten Einbandvorhangantennen ausgestattet.

Bei dieser Ausführung wurden im Abstand von $\lambda/4$ in 2 vertikalen Ebenen je 4 übereinanderliegende Zeilen mit 4 Spalten horizontalpolarisierter, gleich-

¹ Überarbeitete und ergänzte Fassung eines Vortrages, gehalten auf der 4. Fachtagung Hörrundfunk der Nachrichtentechnischen Gesellschaft (NTG) in Düsseldorf, 2. bis 4. November 1976.

² Ing. (grad.) Gustav-Georg Thiele ist Leiter der Hauptabteilung Hochfrequenz und Stellvertreter des Technischen Direktors der Deutschen Welle, Köln.

phasig schwingender, endgespeister Dipole angeordnet. Der vertikale Abstand zwischen den Dipolzeilen betrug dabei $\lambda/2$. Die Gleichphasigkeit der Dipolspalten wurde durch eine 180° -Drehung der Steigspeisung zwischen den Dipolzeilen erreicht. Strahlebene und strahlungsgekoppelte Reflektorebene können an der Einspeiseseite in der Bodenverdrahtung vertauscht werden, um eine 180° -Schwenkung der Abstrahlrichtung zu erreichen. Die Halbwerts- oder 6-dB-Breite des Horizontaldiagramms beträgt bei 4 Dipolspalten etwa 30° .

Der später erfolgte weitestgehende Austausch der Einbandantennen gegen Zwei- und Dreibandantennen sowie der stufenweise Antennenausbau mit Multibandantennen für die Richtungen Mittelamerika – Südasiens, Ostafrika – Nordamerika/West sowie Westafrika brachte eine spürbare Verbesserung der Betriebssituation.

Der erwähnte Prozeßrechner steuert die matrixartig konstruierte koaxiale Antennenwahlschalterautomatik für 30 Vorhang-, 2 logarithmisch-periodische und 3 Rundstrahlantennen.

2.2. Planung und Bau der KW-Station Wertachtal

Da die Sendestation Jülich nicht mehr erweiterungsfähig war, wurde für die Deutsche Welle eine zweite Sendeanlage errichtet. Die Deutsche Bundespost erwarb zu diesem Zweck im Tal der Wertach in Bayern, Landkreis Mindelheim, den Pisterhof mit dem dazugehörenden Grund.

Auf dem Gelände befindet sich neben einem Bürogebäude das Sendergebäude mit den zwei rechts und links vom Mitteltrakt liegenden Senderhallen. Mit dem Mitteltrakt verbunden ist das zweistöckige Antennenwahlschalterhaus.

Die Antennenwahlschalteranlage umfaßt 912 Koaxialschalter. Damit können maximal 12 Sender wahlweise auf 76 Antennen geschaltet werden. Zur Zeit sind 74 Antennen in Betrieb.

Um ein Maximum an auskoppelbarer Senderleistung verfügbar zu haben, wurden 500-kW-Sender vorgesehen. Zur Zeit werden 8 Betriebssender dieser Leistung eingesetzt. Mit der vom Steuersender angebotenen Frequenz wird der jeweilige Sender automatisch geschaltet und abgestimmt. Die Abstimmautomatik regelt auch während des Betriebes nach. In der Steuerzentrale befindet sich ein Prozeßrechner, der alle Schalt- und Abstimmvorgänge für die Sender- und Antennenanlagen auslöst und den gesamten Betriebsablauf steuert und überwacht [3].

Für die Weltversorgung werden 52 Fern- und Nahverkehrsantennen betrieben, die ähnlich den in Jülich installierten Antennen sternförmig angeordnet sind. Es sind Zwei- und Dreibandrichtstrahler mit aperiodischen Reflektoren, die in Form von Netzen zwischen den Tragwerken montiert sind (**Bild 1**). Vor dem Reflektornetz hängt die Multibandvorhangantenne, die kontinuierlich bis $\pm 30^\circ$ schiefähig ist. Die Schielvorrichtung ist in die Bodenverdrahtung der Antenneneinspeisung montiert.

Zusätzlich zu diesen Richtstrahlern wurden 5 horizontalpolarisierte logarithmisch-periodische Antennen und 6 Zweibandrundstrahler auf dem Antennengelände installiert.

3. Relaisstationen im Ausland

Zur Optimierung der Empfangsqualität am Bestimmungsort ist, um in der Bundesrepublik nicht allzu hohe Sender- und Antennenkapazität bereitstellen zu müssen, ein dezentralisiertes weltweites Sendernetz notwendig. Die den Zielgebieten näher gelegenen Relaisstationen übernehmen mit Hilfe ihnen zugeordneter Empfangsstationen die Programme der Sender im Mutterland zur Wiederausstrahlung. Diese kann auch zeitversetzt erfolgen. Nicht aktuelle Vorproduktionen können eingespielt werden, da die Empfangsstationen für die Programmaufbereitung mit Tonbandmaschinen für Mit- und Umschnitte sowie mit automatischen Senderegionen, die ebenfalls Tonbandmaschinen beinhalten, ausgerüstet sind. Für den Ballempfang werden Empfänger benutzt, die über Antennenverteilterverstärker an Doppelrhombusantennen betrieben werden. Einen Überblick über die Relaisstationen der Deutschen Welle gibt **Bild 2**.

Da wegen der hohen Senderfeldstärken Sender- und Empfangsstationen räumlich getrennt sind, erfolgen die Programmüberspielungen über 2-GHz-Richtfunkstrecken oder über Kabel.

3.1. Relaisstation Malta

Hauptsächlich zur Versorgung von Nordafrika und dem Nahen Osten wurde eine Relaisstation der Deutschen Welle auf der Mittelmeerinsel Malta in Betrieb

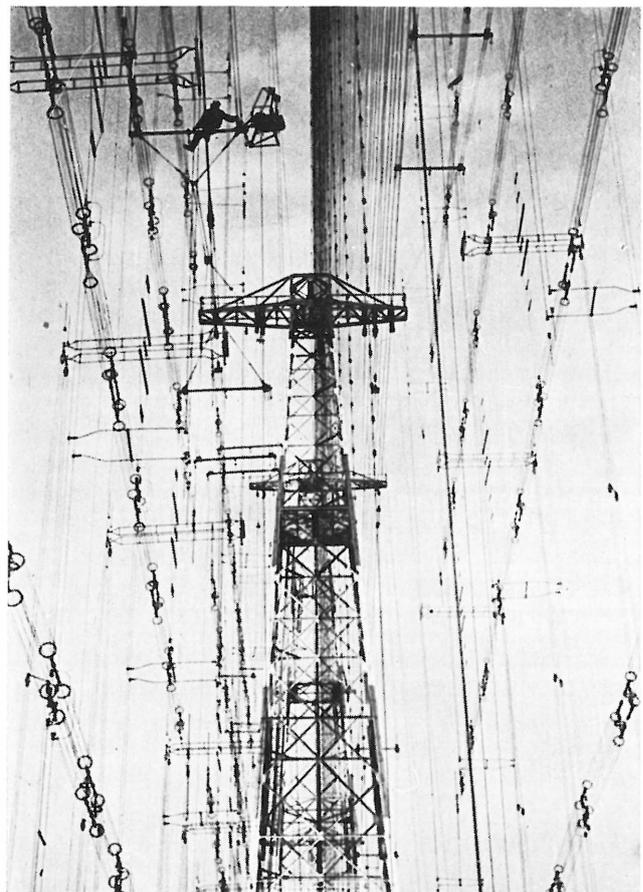


Bild 1

Dreiband-Vorhangantennen mit gemeinsamem Netzreflektor der KW-Station Wertachtal

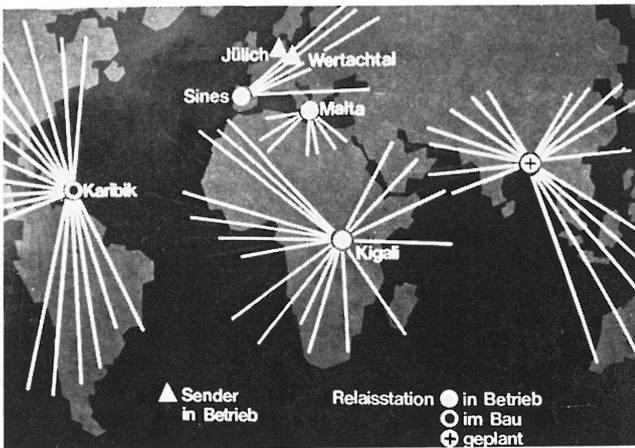


Bild 2
Sendernetz der Deutschen Welle
Stand 1976

genommen. Durch die gemischte Versorgung dieser Gebiete mit Kurz- und Mittelwelle wird die Empfangssicherheit wesentlich gesteigert. Um die Station optimal zu nutzen, werden auch Sendungen nach Asien und Amerika ausgestrahlt.

Südlich der Hauptsadt La Valetta liegt die Empfangsstation Nigret und östlich von Nigret die Sendestation Cyclops. Eine Richtfunkstrecke verbindet die Empfangsstation mit der Sendestation.

Die in der Sendestation Cyclops installierten drei 250-kW-Kurzwellensender gleichen der Typenreihe der 500-kW-Kurzwellensender in Wertachtal, sind aber nur mit einer siedegekühlten Tetrode in der RF-Endstufe ausgerüstet. Der Mittelwellensender hat eine auskoppelbare Leistung von 600 kW. Die Halbinsel, auf der Cyclops liegt, wurde optimal mit einer höchstmöglichen Zahl von Antennen bebaut.

Zwischen 3 Türmen wurden 6 moderne Vierband-Hornantennen mit aperiodischen Reflektoren errichtet, die außerhalb ihrer Grundbaurichtungen nach Ostasien und Südamerika um maximal $\pm 30^\circ$ schwenkbar sind. Um bei diesem großen Schielwinkelbereich Diagrammverzerrungen durch die nahegelegene Dreimast-Mittelwellenanlage zu vermeiden, wurden für die Pardunen Parafiseile verwendet. Für die Kurzwellen-Nahversorgung werden 4 horizontal-polarisierte Zweiband-Rundstrahlantennen benutzt.

Für mittlere Entfernungen wird eine mechanisch kontinuierlich von 0° bis 360° drehbare logarithmisch-periodische Antenne mit veränderbarem Elevationswinkel eingesetzt. Der Frequenzbereich reicht von 6 bis 30 MHz. Die Höhe des 40 m langen Antennenträgers beträgt 23 m, die Spannweite des längsten Dipols 26 m. Der innen besteigbare Turm hat einen Durchmesser von 1,6 m. Drehung und Elevation werden ferngesteuert.

Das Sendergebäude besteht aus der Senderhalle mit anschließenden Räumen für Werkstätten, Lager und Büros. Vom Sendergebäude abgesetzt wurde das Antennenschalthaus errichtet, das den coaxialen Antennenwahlschalterkomplex für die Kurzwellensender enthält. Um dieses Haus gruppieren sich die symmetrierenden Transformationsleitungen der Antennenspeisungen.

3.2. Relaisstation Sines

Um im Bereich von Nordost- bis Südosteuropa die Empfangsqualität zu erhöhen, wurde in Portugal südlich der Stadt Sines, nahe der Atlantikküste, eine Relaisstation mit zwei 250-kW-Sendern in Betrieb genommen. Der Senderstandort im Südwesten Europas ermöglicht, die vom Sonnenstandswinkel abhängige west-östliche Verteilung der Elektronenkonzentration in der Ionosphäre durch geeignete Frequenzwahl derart zu nutzen, daß die Wirkung östlicher Störsender vermindert wird.

Die Empfangsstation wurde in der Nähe der Stadt Sesimbra auf einer Landzunge südwestlich von Lissabon errichtet. Die zwischen Empfangs- und Sendestation (Entfernung 71 km) liegende Meeresbucht wird mit Hilfe einer Richtfunkstrecke überbrückt.

Für die Programmausstrahlungen sind 6 Vorhangantennen mit Netzreflektoren und eine vertikal-polarisierte logarithmisch-periodische Antenne verfügbar. Diese Antennenanordnung unterscheidet sich wegen der spezifischen Versorgungsaufgabe von dem für die Weltversorgung konzipierten, sternförmigen Antennenaufbau in Jülich und im Wertachtal (**Bild 3**).

3.3. Relaisstation Kigali

Zur Verbesserung der Empfangsbedingungen auf dem afrikanischen Kontinent bot sich die Möglichkeit der Errichtung einer Relaisstation in Ruanda in Äquatorialafrika. Die Station mit zwei 250-kW-Sendern wurde in der Nähe der Hauptstadt Kigali auf einem Hochplateau des Berges Kinyinya errichtet.

Der Senderkomplex gliedert sich in vier Gebäude. Beide Sender sind in separaten Hallen (**Bild 4**) untergebracht, wobei die Möglichkeit besteht, noch einen weiteren Sender zu installieren. Im dritten Gebäude befinden sich die Antennenwahlschalter, im vierten

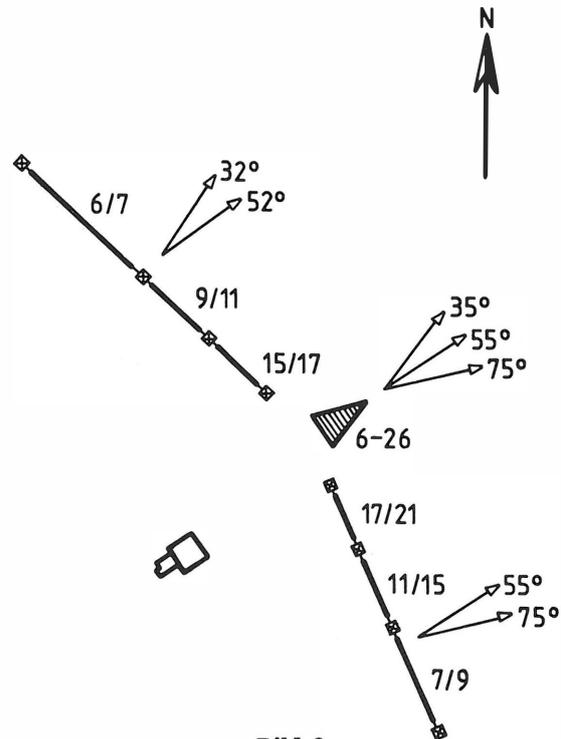
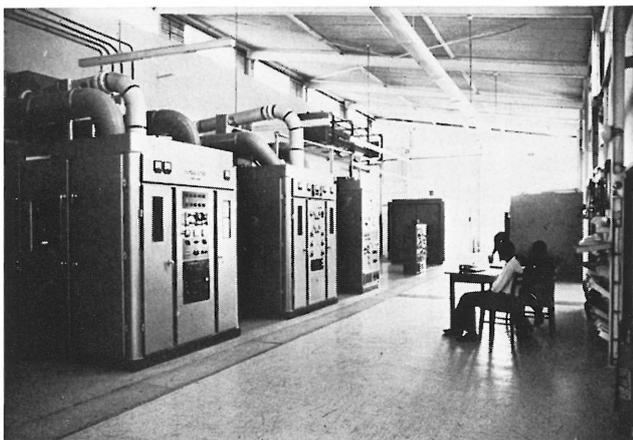


Bild 3
Antennenkonzept der Sendestation Sines (Portugal)

**Bild 4**

Senderhalle der Relaisstation Kigali (Ruanda)

Gebäude die Transformatoren und Schalteinrichtungen der Stromversorgung.

Die Leistung der 250-kW-Sender wird wie bei den Sendern in Portugal symmetrisch auf die Speiseleistungen ausgekoppelt, so daß man ohne symmetrierende Transformationsglieder auskommt.

Bedingt durch die geographische Lage der Relaisstation und die zeitliche Programmverteilung für Afrika können auch Zielgebiete in Süd- und Nordamerika sowie in Ostasien unterstützend mitbedient werden. 8 Vorhangantennen und 3 Quadrantantennen stehen zur Verfügung. Die Empfänger der 15 km entfernt liegenden unbemannten Empfangsstation werden vom Studiogebäude auf dem Sendergelände aus fernbedient.

Im Rahmen des Symphonie-Projektes werden seit dem 27. April 1976 Programmüberspielungen der Deutschen Welle von Raisting über Satellit zur Relaisstation Kigali im Versuchsbetrieb durchgeführt.

3.4. Relaisstation Antigua

Um den Empfang der Deutschen Welle in Nordamerika zu verbessern, werden bereits seit August 1971 zwei Sender von Radio Canada International in Sackville mitbenutzt.

Zur Verbesserung der Versorgungssituation in Nord- und Südamerika wurde 1976/77 in der Karibik eine von der Deutschen Welle und der British Broadcasting Corporation gemeinsam genutzte Relaisstation in Betrieb genommen. Von den vier auf der Insel Antigua installierten 250-kW-Sendern werden zwei von der Deutschen Welle genutzt. Seit November 1976 ist der erste Sender der Deutschen Welle im Programmbetrieb und seit Februar 1977 der zweite. Von den 18 dort installierten Vorhangantennen stehen 9 Antennen der Deutschen Welle zur Verfügung. Im östlichen Teil der Insel liegt die Empfangsstation, welche die aus Deutschland und Großbritannien über Kurzwelle ausgestrahlten Programme empfängt oder in Form von Vorproduktionen erhält [4].

4. Zukünftige Entwicklung

Dem Relaisnetz der Deutschen Welle fehlt nun, um vollständig zu sein, noch die dringend benötigte fünfte Relaisstation in Asien. Erst durch sie könnte der Empfang der Deutschen Welle in den weiträumigen Gebieten von Südasien, Ostasien und Südostasien sowie Australien und Neuseeland entscheidend verbessert werden.

SCHRIFTTUM

- [1] Thiele G.-G.: Ionosphäre und Frequenzwahl. DW Handbuch 76 für internationalen Kurzwellenrundfunk. Haude & Spensersche Verlagsbuchhandlung Berlin, S. 100—112.
- [2] Thiele G.-G.: Von Zeesen bis Wertachtal — Chronik der technischen Entwicklung des deutschen Kurzwellenrundfunks. Rundfunktechn. Mitt. 17 (1973), S. 253—294.
- [3] Thiele G.-G.: Die neue Sendestation im Wertachtal. DW Handbuch 72 für internationalen Kurzwellenrundfunk. Haude & Spensersche Verlagsbuchhandlung Berlin, S. 40.
- [4] Godtmann H.D., Burmester E.: Relaisstation Antigua. Rundfunktechn. Mitt. 20 (1976), S. 22.

MODULATION DES SENDERNETZES DER DEUTSCHEN WELLE¹

VON WERNER ARNOLD²

Manuskript eingegangen am 8. Dezember 1976

Hörrundfunk-/Sendertechnik

Zusammenfassung

Es werden die Anforderungen beschrieben, die an die Hauptabteilung Betriebstechnik täglich gestellt werden. Es wird über z. T. jahrelang eingeführte rationelle Produktions- und Sendeabwicklungstechnologien und -methoden berichtet, die einen sparsamen Einsatz von Mitarbeitern und Material ermöglichen.

Summary Modulation of the transmitter network of the Deutsche Welle

The article describes the requirements to be met daily by the department of operational engineering. Economical technologies and methods of production and operation, in part carried out over years, are reported with respect to their efficient disposition of material and personnel.

Sommaire Modulation du réseau d'émission de la Deutsche Welle

L'article décrit les exigences auxquelles la direction du service technique doit faire face tous les jours. Il s'agit des technologies et méthodes rationnelles des production et d'émission introduites en partie depuis des années, et permettant une économie de personnel et de matériel.

1. Sende- und Produktionstechnik

Die hohen Gebühren für die Senderbenutzung zwingen den laufenden Produktions- und Sendebetrieb zu äußerster Wirtschaftlichkeit. Seit Jahren sind deshalb Produktions-, Abwicklungs- und Sende-hilfen eingeführt, die noch im einzelnen besprochen werden. Die täglich zu erbringenden Leistungen der Betriebstechnik gehen aus der folgenden Tabelle stichwortartig hervor:

Tägliche Sendezeit (gesamt)	84 Std.
Tägliche Programmzeit	65 Std.
Tägliche Produktionszeit	200 Std.
Tägliche Vorproduktionen	67 Std.
Tägliche Live-Sendezeit	17 Std.

Einsatz von tägl. 40 Tontechnikern für Produktion
= Tägliche Produktionskosten 10 000,- DM
(Lohn + Abschreibung)
= Produktionskosten 70,- DM/Produktionsstunde

Tägliche Sendeabwicklungskosten 4500,- DM
(Lohn + Abschreibung)
= Sendeabwicklungskosten 54,- DM/Sendestunde.

Zum Vergleich betragen die Senderbenutzungsgebühren ungefähr 5500,- DM pro Stunde. Berücksichtigt man den Anteil der zur Sendung gelangenden Archivbänder, so erreicht die Deutsche Welle einen Quotienten von 1 : 4 zwischen Sende- und Produktionszeit.

Der Programmplan der Deutschen Welle, der täglich während 24 Stunden abgewickelt wird, besteht aus 82 Sendeblöcken in 34 Sprachen. In vielen Fällen haben die einzelnen Sprachblöcke eine Morgen-, Mittag- und Abendsendung. Daraus ergibt sich die Forderung nach Mitschnitt der Ursendungen, die in Teilen für die Folgesendungen wieder benutzt werden.

So werden täglich 16 Stunden Sendemitschnitte von der Betriebstechnik verlangt.

2. Relaiskoordination

Ein weiterer wichtiger Teil der Aufgaben der Betriebstechnik besteht in der Koordination des Relais-sendebetriebes. Die Abteilung Relaiskoordination erledigt folgende Aufgaben:

- Notwendigkeiten des Relaisbetriebes den Redaktionen interpretieren und rechtzeitige Bereitstellung von Bandmaterial und Sendelaufplänen veranlassen.
- Relaisstationen mit Programmmaterial und programmbezogener Information versorgen.
- Störungen des Relaisbetriebes erfassen. Weitergabe dieser Meldungen an die betroffenen Abtei-

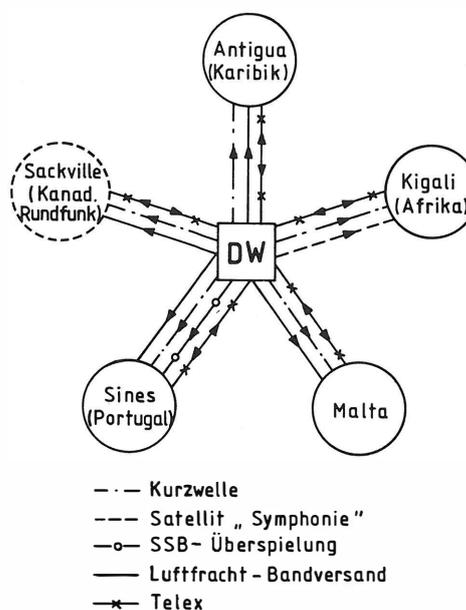
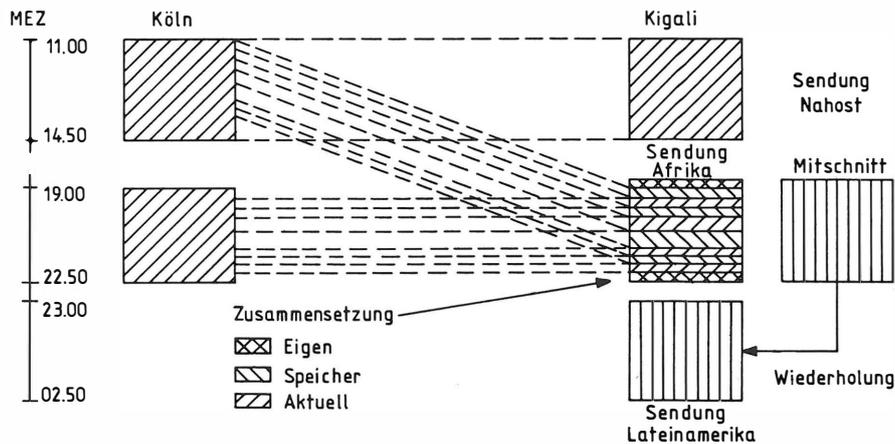


Bild 1

Programmversorgung der Relaisstationen

¹ Überarbeitete und ergänzte Fassung eines Vortrages, gehalten auf der 4. Fachtagung Hörrundfunk der Nachrichtentechnischen Gesellschaft (NTG) in Düsseldorf, 2. bis 4. November 1976.

² Obering. Werner Arnold ist Hauptabteilungsleiter der Betriebstechnik der Deutschen Welle, Köln.

**Bild 2**

Sendeabwicklung am Beispiel der Relaisstation Kigali (Afrika)

lungen. Versuch der Vermeidung von Wiederholungen.

Die Programmversorgung der einzelnen Relaisstationen geht aus **Bild 1** hervor.

Bild 2 zeigt eine Sendeabwicklung am Beispiel des Deutschen Programms der Relaisstation Kigali.

3. Transkriptionsdienst Hörfunk

Ehe auf Einzelheiten der Sende- und Produktionsabwicklung eingegangen wird, soll noch auf eine Besonderheit innerhalb der Deutschen Welle hingewiesen werden. Der Transkriptionsdienst Hörfunk der Deutschen Welle stellt Tonbandproduktionen her, die nicht das eigene Sendernetz modulieren, sondern an ca. 700 Rundfunkstationen in aller Welt verschickt werden. Mit diesem Dienst werden zwei Dinge erreicht: Die Deutsche Welle erfüllt ihren Auftrag ohne hohe Senderbenutzungsgebühren und sie leistet Programmhilfe für diese Abnehmerstationen. Hier einige statistische Zahlen dieses Dienstes:

- 900 Programmstunden/Jahr
- 40 000 Programmstunden/Jahr nach Vervielfältigung
- 100 000 Kopien pro Jahr werden verschickt
- 37 000 Kopien davon in Stereo

**Bild 3**

Die rechnergesteuerte Betriebszentrale

700 Partnerstationen

28 000 km Tonbandverbrauch/Jahr.

Diese hohen Kopienzahlen sind wirtschaftlich nur mit Schnellkopieranlagen herzustellen. Die Mutterbänder für die Vervielfältigungsanlagen werden nach den ARD-Aussteuerungsrichtlinien hergestellt, weil die Abstrahlung über Mittelwellen- und UKW-Sender erfolgt. Die Vervielfältigungsanlage [1] gestattet die gleichzeitige Herstellung von 10 Kopien (in Mono oder Stereo) bei achtfacher Geschwindigkeit. Qualitätskontrollen sind während des Kopierprozesses eingebaut.

4. Betriebszentrale Hörfunk (BZ)

Die Modulation des Kurzwellen-Sendernetzes hat ihren Ausgangspunkt in der rechnergesteuerten Betriebszentrale der Deutschen Welle (**Bild 3**). Hier werden mit geringstem personellen Aufwand während der täglich 24stündigen Betriebszeit folgende Aufgaben erledigt:

- Schaltung der Sendeleitungen
- Schaltung interner und externer Leitungsverbindungen
- Sternpunktbetrieb einschließlich Bestellung
- Schaltung der Programm Mitschnitte für Wiederholungssendungen und Programmbeobachtung
- Leitungsbestellungen
- Senderzustandsüberwachung
- Fehlerprotokollierung
- Dienstaufsicht außerhalb der üblichen Büro-stunden.

Der Aufsichtstechniker hat drei Arbeitsebenen:

- Rechnerbetrieb
- Handeingabe
- Steckschnurbetrieb.

Der Steckschnurbetrieb ist bisher nur bei Wartungsarbeiten vorgekommen, obwohl die Deutsche Welle ihre BZ-Konfiguration ohne einen Stand-by-Rechner in Betrieb hat. Dem Betriebspersonal obliegt auch das Wiederhochfahren des Rechners nach einem Ausfall. Dabei kann es vorkommen, daß das Urorganisationsprogramm neu eingegeben werden muß. Die

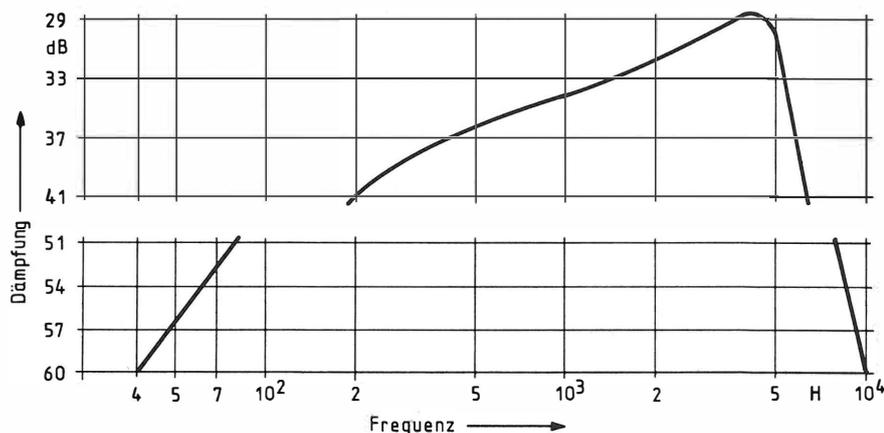


Bild 4
Durchlaßkurve des für Kurzwellensendungen
eingesetzten NF-Bewertungsfilters

Daten der Programmitschnitte werden von der BZ über eine Liste für Dauerschaltungen (Wiederholungen) in den Rechner eingegeben und laufen im ZÜ (Zentraler Überspieltonträgeraum) auf. Das gleiche geschieht mit den Mitschnitten für die Abteilung Programmbeobachtung. Diese Aufzeichnungen werden auf Uher-Maschinen mit 2,4 cm/s vorgenommen. Sie dienen der redaktionellen Übersicht. Daneben laufen, wie auch andernorts üblich, alle Sendungen auf einer Mehrspurregistrieranlage auf und werden für 100 Tage dokumentiert.

In der Betriebszentrale sind in den Ausgangsstellen auch die Kompressoren und Filtereinrichtungen untergebracht, die sich für eine optimale Wiedergabe über Kurzwellensender bewährt haben. Das Modulationssignal läuft über ein PTH-(Präsenz, Tiefen, Höhen)-Filter (**Bild 4**). Dieser Bandpaß begrenzt die Tiefen und Höhen, um ein ausgewogenes Klangbild zu erreichen. Durch eine Präsenzanzhebung wird die Sprachverständlichkeit erheblich gesteigert. Nach dem PTH-Filter, eine eigene Konstruktion der Deutschen Welle, gelangt das Modulationssignal zu einem Begrenzerverstärker. Das Siemensgerät U 273 ist dazu von uns modifiziert worden. Es wird in Stellung „Begrenzer“ gefahren, nachdem die Grundverstärkung um 20 dB angehoben wurde. Zudem hat es eine programmabhängige Abklingzeit erhalten. Durch das vorgeschaltete Filter kommen die energiereichen Tiefen für die Kompressorregelung nicht mehr zum Tragen.

Diese Filter-Kompressor-Einheit hat sich bewährt. Durch sie erreichen wir mittlere Modulationsgrade von ~ 65 %, was sich positiv auf die Großflächenversorgung auswirkt. In Hörerbriefen wird die gute Verständlichkeit gelobt, auch sind noch nie Beschwerden über die Ausgewogenheit Sprache/Musik oder Musik/Sprache gekommen.

5. Automatische Senderegie (ASR)

Das nächste Glied in der Abwicklungskette sind zwei automatische Senderegien, in denen maximal 6 parallel laufende Programme abgewickelt werden [2]. Je drei Programme werden durch einen Tontechniker bedient (**Bild 5**). Dies ist möglich, weil durch selbst-

entwickelte Positionsprogrammierungseinheiten³ Zeit für die Betreuung der Programme gewonnen wird. Diese Einrichtungen haben sich im rauen 24-Stunden-Betrieb seit 1968 gut bewährt. Die ASR der Deutschen Welle ergibt im Sendeablauf weitgehende Freizügigkeit und ist von den Programm-Mitarbeitern gut angenommen worden. Besonderer Wert wurde darauf gelegt, daß auch einfache bis mittelschwierige Magazinsendungen in der ASR abgewickelt werden können. Die Möglichkeiten, die das Aufnahmeleiterbedienpult bietet, sind:

- Vorwahl und Absprachemöglichkeit von zwei Telefoninterviews sowie Einspielen des laufenden Programms bis zur Sendeaktivierung.
- Vorwahl und Absprachemöglichkeit von zwei nacheinander oder gleichzeitig laufenden Schaltkonferenzen (sog. n-1-Konferenzen) sowie ebenfalls Programmeinspielung bis zur Sendeaktivierung.
- Kommunikationsmöglichkeit mit den wichtigen Stellen.
- Zeitstoppuhr und Count-down-Zähler.



Bild 5
Das einfach gestaltete Aufnahmeleiterpult
der Automatischen Senderegie

³ Mit Position ist hier ein Einzelbeitrag der Sendefolge (Band-einspielung, Mikrofonaufschaltung etc.) bezeichnet. (Anm. d. Red.)

Der Sprecher selbst übernimmt dann nur mit einer einzigen Taste, die während einer Mikrofonposition aktiv ist, die Konferenz oder das Interviewtelefon. Die weitgehende Freiheit von der starren Vorprogrammierung und die schnelle Änderungsmöglichkeit im laufenden Programm sowie die rasche Eingriffsmöglichkeit durch den Techniker mittels eines Tastenfeldes sind Voraussetzungen für die Vielzahl der Einzelprogramme und deren Aktualisierung. Dabei ist zu berücksichtigen, daß die ca. 80 verschiedenen Sprecher pro Tag nur mit möglichst einfachen Bedienungselementen konfrontiert werden. Nach unseren Erfahrungen führen Sprecher-Bedienpulte mit sehr vielen Eingriffsmöglichkeiten zu einer erheblichen Zunahme von Fehlbedienungen. Schwierigere Magazinsendungen werden von einem handbedienten Studio (ein Techniker) der ASR zugespielt.

Die beiden ASR haben der Deutschen Welle eine erhebliche Einsparung an Planstellen in der Sendeabwicklung gebracht, was bei einem 24-Stunden-Betrieb mit 6 parallelen Sendeschienen leicht vorstellbar ist.

Um von einem vorproduzierten Bandbeitrag auf die nächste Position in der Sendefolge aufzuschalten, verwenden wir statt elektrooptischen Weiterschaltmöglichkeiten magnetische Markierungen, die nach Produktion oder Kopierung im Produktionsstudio aufgebracht werden.

6. Produktionsstudios

Zur Zeit werden 22 solcher Produktionsstudios werktätlich benutzt und mit 40 Technikerschichten besetzt. 3–4 Tonbandmaschinen, teilweise ergänzt mit Plattenspielern, sind die übliche Ausrüstung. Die Anschaltung eines Interviewtelefons sowie Fernsehapparates zur Off-Kommentierung ist möglich.

Zur erheblichen Rationalisierung der Sprachaufnahmen hat das Cue-Verfahren beigetragen. Damit lassen sich nach unseren Erfahrungen ca. 20–25 % einer Sprachaufnahmezeit einsparen. Die Aufnahme läuft, der Sprecher macht einen Fehler, der Techniker

fährt das Aufnahmeband ein kurzes Stück zurück, spielt die Aufnahme dem Sprecher zu, um an geeigneter Stelle auf Aufnahme umzuschalten. Dabei gleichen die Tontechniker bekannte Reaktionszeiten der Sprecher durch unterschiedliche Bedienung des Mikrofonreglers und der Aufnahmetaste aus.

Die voneinander abweichenden Aussteuerungsrichtlinien, nach denen bei uns die Produktionen des Transkriptionsdienstes und des Kurzwellenrundfunks angefertigt werden, sind eine zusätzliche Erschwerung für die Produktionstechnik.

In einem für Stereophonie ausgerüsteten, etwas größeren Studio werden die Aufnahmen, Umspielungen und Schneidearbeiten für die Stereoproduktionen des Transkriptionsdienstes durchgeführt, außerdem werden hier kleinere Hörspiele aufgenommen.

7. Funkhausneubau

Alle hier kurz erwähnten technischen Betriebsräume für Produktion, Schaltungen und Sendeabwicklung sind seit 1962 in einem Bürohaus untergebracht. Durch die zwischenzeitliche Anmietung der verschiedensten Räume in zum Teil großer Entfernung vom Produktions- und Sendeabwicklungszentrum, ist bei jetzt 1300 Mitarbeitern ein Zustand erreicht, der weit von einer idealen Lösung entfernt ist. Deshalb baut die Deutsche Welle seit 1975 ein eigenes Funkhaus, das – die Entwicklung der Vergangenheit legt dies nahe – ein Haus der kurzen Wege sein wird. Drei Türme stehen auf den Basisgeschossen: Der Aufzugsturm mit 8 Aufzügen, 137,66 m hoch, der Redaktionsturm mit 33 Etagen, 119,7 m hoch und der Studioturm mit 23 Geschossen, 86 m hoch. Über die strukturelle Ein- und Aufteilung kann nach der Fertigstellung im Sommer 1979 berichtet werden.

SCHRIFTTUM

- [1] Arnold, W.: Tonbandvervielfältigungsanlagen. Fernseh- und Kinotechnik 24 (1970), S. 407–408.
- [2] Arnold, W.: Halbautomatische Sendeabwicklung bei der Deutschen Welle, Rundfunktechn. Mitt. 20 (1976), S. 84–86.

FREQUENZBANDAUSSWAHL BEIM AUSLANDSRUNDFUNK ÜBER KURZWELLEN¹

VON FRED ROGLER²

Manuskript eingegangen am 2. August 1977

Kurzwellenversorgung

Zusammenfassung

Durch die Reflexion der Kurzwelle an der Ionosphäre können auch weit entfernte Hörer mit ausreichender Feldstärke versorgt werden. Die Veränderlichkeit der Ionosphäre macht dafür aber laufende Voraussagen über die optimal einsetzbaren Frequenzen notwendig. Am Beispiel einer Sendung nach Japan wird der Optimierungsprozeß für die Frequenzbandauswahl beschrieben.

Summary Choice of adequate frequency bands for distant short wave broadcasting

Due to the reflection of short waves at the ionosphere, distant audiences can also be served with sufficient field strength. To this end, however, and in view of the constant changes in the ionosphere, continuous forecasts are required to determine the most appropriate frequency for the transmission.

A transmission to Japan is quoted as example for the process of optimally choosing the most adequate frequency band.

Sommaire Choix de la bande de fréquences pour les émissions étrangères à ondes courtes

Grâce à la réflexion des ondes courtes sur l'ionosphère, on peut desservir avec une intensité de champ suffisante même des auditeurs éloignés. Mais l'instabilité permanente de l'ionosphère exige des prévisions régulières pour appliquer la meilleure fréquence possible.

On a pris comme exemple une émission à destination du Japon pour décrire le processus permettant un choix optimum de la bande de fréquences.

1. Einleitung

Zur Übermittlung von Informationen wird häufig das Medium Rundfunk herangezogen. Der Rundfunk bietet sich besonders für vom Informationsgeber weit entfernte Zielgruppen an, da nur er den Direktverbraucher unmittelbar und praktisch ohne zeitliche Verzögerung erreichen kann. Der Rundfunk ist überdies in vielen Ländern Afrikas und Asiens das einzige Massenkommunikationsmittel, welches man als solches ansprechen kann. Hier sei erwähnt, daß 117 Länder der Erde auch ihren Inlandsdienst ganz oder teilweise auf Kurzwelle betreiben. Die Anzahl der Sprachen mit jeweils über 1 Mio. natürlichen Sprechern beträgt 130. Die Aufgabe, die Zielgruppe „Menschen im Ausland“ über Deutschland zu informieren, wurde der Deutschen Welle 1960 durch Bundesgesetz übertragen, nachdem die Welle bereits acht Jahre lang auf anderer Rechtsgrundlage gearbeitet hatte [1]. Die Aussendungen der Deutschen Welle erfolgen in 34 Sprachen, wovon sich 22 Sprachen an außereuropäische Zielgruppen richten.

Der Entfernungsbereich, den die Deutsche Welle zur Erfüllung ihrer Versorgungsaufgabe zu überbrücken hat, erstreckt sich von unserer Landesgrenze bis zu den Antipoden. Das Schwergewicht liegt dabei auf Entfernungen von mehreren tausend Kilometern. Für Übertragungen über so weite Strecken bietet sich aus dem Spektrum der elektromagnetischen Wellen nur die Kurzwelle an.

2. Die Ionosphäre

Der physikalische Effekt, der erlaubt, Kurzwellen über große Entfernungen zu übertragen, ist die Re-

flexion der elektromagnetischen Wellen an der zeitlich und örtlich veränderlichen Ionosphäre.

Zeitlich veränderlich heißt – tageszeitlich, jahreszeitlich und im Verlauf des im Mittel elf Jahre langen Sonnenfleckenzyklus. Diesen genannten periodischen Veränderungen sind schnelle und starke, zufallsbedingte Änderungen überlagert, so daß quantitative Aussagen über Ionosphärenparameter nur für den Augenblick gelten, in dem sie gemessen werden. Voraussagen für längere Zeiträume, z. B. einen Monat, können deshalb nur als statistische Mittelwerte erfolgen.

Die geographische Änderung der Ionosphäre ist komplex, da hier die Sonnenstrahlung und das Magnetfeld der Erde zusammenwirken, wobei letzteres – wiederum durch Zufallsereignisse auf der Sonne – verändert wird. Wegen der räumlichen und zeitlichen Komplexität muß man für Voraussagezwecke ein vereinfachtes Modell schaffen, das einerseits den tatsächlichen Gegebenheiten so nahe wie möglich kommt, andererseits die Grenzen einer modernen Datenverarbeitungsanlage aber nicht sprengen darf [2].

Bild 1 oben zeigt, daß bei Anstrahlung der Ionosphäre mit flachem Erhebungswinkel in niedrigeren Höhen reflektiert wird. Bei Anstrahlung mit steilem Winkel erfolgt die Reflexion in größerer Höhe und bei zu steilem Winkel wird überhaupt nicht mehr reflektiert. Die Sendefrequenz ist bei dieser Darstellung als konstant angenommen. (Natürlich sind die Abstände in diesem Bild nicht maßstabsgerecht. Das wäre bei einem Erdradius von 6300 km und einer Schichthöhe von ca. 300 km zeichnerisch kaum darstellbar.) Die schematisch angedeutete D-Schicht hat keinen reflektierenden, sondern absorbierenden Charakter. Der flache Strahl wandert länger durch die D-Schicht als der steilere und wird somit stärker absorbiert.

¹ Überarbeitete und ergänzte Fassung eines Vortrages, gehalten auf der 4. Fachtagung Hörrundfunk der Nachrichtentechnischen Gesellschaft (NTG) in Düsseldorf, 2. bis 4. November 1976.

² Fred Rogler ist Betriebsingenieur bei der Deutschen Welle und verantwortlich für die Frequenz- und Stationsplanung.

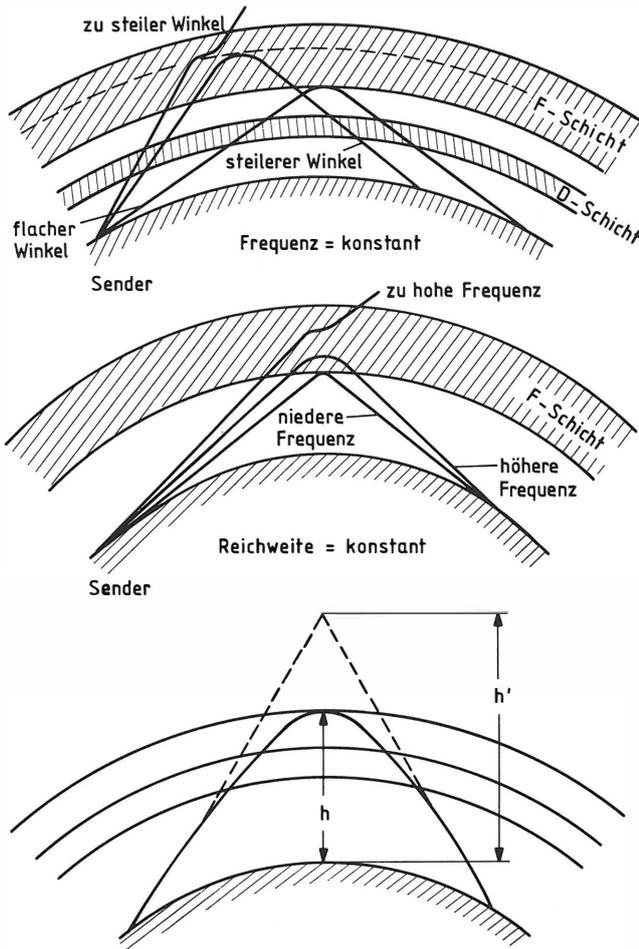


Bild 1

Reflexion der Kurzwellen an der Ionosphäre

- Oben: Bei konstanter Sendefrequenz ändert sich die Eindringtiefe mit dem Abstrahlwinkel.
- Mitte: Bei konstanter Reichweite ändert sich die Eindringtiefe mit der Sendefrequenz.
- Unten: Da sich der Funkstrahl in der Ionosphäre verlangsamt, wird durch Laufzeitmessungen nur die scheinbare Höhe h' , nicht aber die tatsächliche Höhe h der Reflexion erfaßt.

Beim darunter liegenden Bild wird im Gegensatz zum oberen nicht die Frequenz, sondern die Strecke über dem Erdboden konstant gehalten. Mit steigender Frequenz wird von höheren Bereichen der Ionosphäre aus reflektiert. Signale zu hoher Frequenzen gehen durch die Ionosphäre hindurch.

Bild 1 unten soll den Zusammenhang zwischen scheinbarer und wirklicher Reflexionshöhe veranschaulichen. Höhen, die aus Laufzeitmessungen gewonnen werden, sind nur scheinbare Höhen, weil der Funkstrahl in der leitenden Ionosphäre verlangsamt wird. Mit ihnen wird zur Feststellung der Ausbrei-

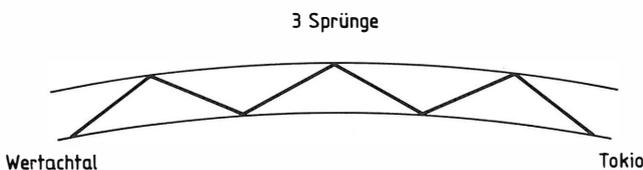


Bild 2

Mögliche Weggeometrie der Kurzwellenausbreitung zwischen Wertachtal und Japan

tungsgeometrie bei Funkprognosen gearbeitet. Die wirkliche Höhe von Schichtmaximum und Schichtunterseite wird nur bei Beginn der Prognosenerstellung zur Errechnung des Schichtprofils, das ist die Elektronenverteilung über der Höhe, benutzt.

3. Frequenzband-Auswahl für eine Sendung (am Beispiel Japan)

Bild 2 zeigt schematisch die Ausbreitungsgeometrie zwischen dem Sender Wertachtal und Japan. Die zu überbrückende Strecke ist auf der Erdoberfläche 9800 km lang. Die maximale Strecke, die mit einem Sprung überbrückt werden kann, beträgt für eine mittlere Schichthöhe und bei Abstrahlung tangential zum Erdboden rund 4000 km. Folglich ergeben sich als kleinste Sprungzahl, mit der Japan von Deutschland aus zu erreichen ist, drei Sprünge, da 9800 km mit zwei 4000-km-Sprüngen nicht zu überbrücken sind.

In **Bild 3** sind die beiden wichtigsten Voraussagewerte für diese 3-Sprung-Verbindung, nämlich die Feldstärke und das ionosphärische Reflexionsvermögen, über dem Frequenzspektrum aufgetragen. Die berechneten Werte für die Strecke Wertachtal – Tokio gelten für den Monat Januar um 10 h GMT und bei 20 Sonnenflecken sowie bei einer Senderleistung von 500 kW und einem maximalen Antennengewinn von rund 23 dB gegenüber dem isotropen Strahler. Die Feldstärke steigt mit wachsender Frequenz und erreicht schließlich bei 15 MHz ihre Sättigung. Ein Feldstärkewert von 60 dB μ oder 1 mV/m, den man vom Mittelwellenrundfunk her als guten Wert gewöhnt ist, tritt hierbei nicht auf. Ein Wert von 60 dB μ ist jedoch wegen des geringeren Rauschens in den oberen Kurzwellenbändern nicht notwendig.

Die „Ionosphärische Übertragung“ ist ein Maß für das Reflexionsvermögen der Ionosphäre. Der Begriff MUF, d. h. Maximum Usable Frequency, gibt definitionsgemäß die Frequenz an, bei der an 50 % der Tage eine Reflexion stattfindet. In dieser Kurve ist die Reflexionswahrscheinlichkeit zwischen 99 % am unteren Frequenzbereichsende und 10 % Reflexionswahrscheinlichkeit am oberen Frequenzbereichsende dargestellt.

Die Kurve der ionosphärischen Übertragung ist in etwa gegenläufig zur Feldstärkekurve. Ihr Maximalwert von 99 % ist nur für Frequenzen unterhalb von

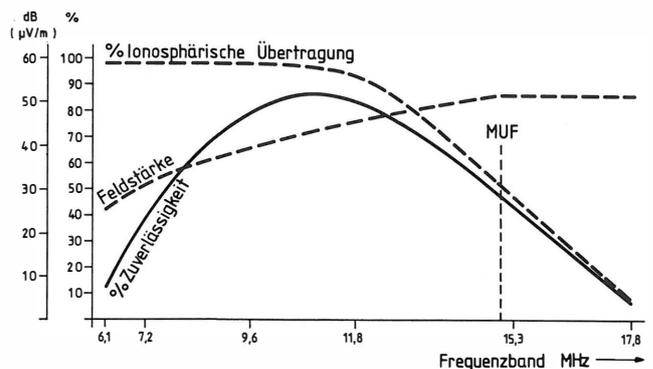


Bild 3

Zuverlässigkeit der Strecke Wertachtal – Tokio bei 3 Sprüngen (Nur zu einem ganz bestimmten Zeitpunkt zutreffend, vgl. Text)

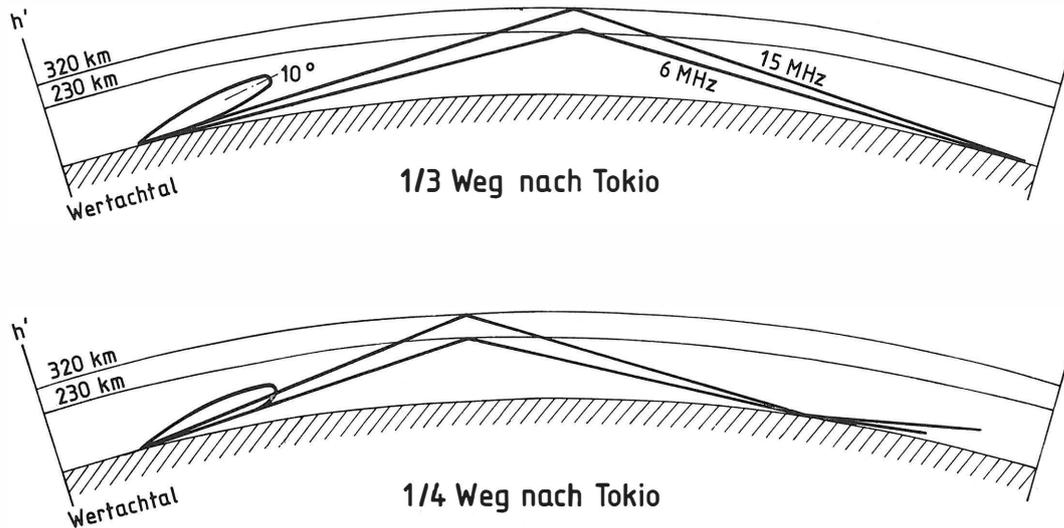


Bild 4
Maßstäbliche Darstellung der Abstrahlverhältnisse bei 3 und 4 Sprüngen

9 MHz gegeben, während die Feldstärke ihren Maximalwert von $54 \text{ dB}\mu$, das sind rund $0,5 \text{ mV/m}$, erst bei 15 MHz erreicht. Dort findet die ionosphärische Übertragung aber nur an 50 % der Tage, also nur an 15 Tagen des Monats, statt. Bei 9 MHz, der höchsten Frequenz, bei der noch eine Ionosphärenübertragung an 99 % der Tage vorausgesagt wird, beträgt die Feldstärke jedoch nur $40 \text{ dB}\mu$. Zwischen diesen Grenzen muß also optimiert werden.

Ersetzt man die Feldstärke durch den Prozentsatz der Tage, an denen eine vorgegebene Mindestfeldstärke überschritten wird – der Verlauf ist übrigens sehr ähnlich –, so kann dieser Prozentsatz mit der ionosphärischen Übertragung multipliziert werden. Das Ergebnis ist die eingezeichnete Kurve für die Zuverlässigkeit der Strecke. Hieraus kann eine maximal erreichbare Zuverlässigkeit von 83 % bei etwa 11 MHz vorausgesagt werden. Die Folgerung, daß die optimale Sendefrequenz im 11-MHz-Band liegen muß, ist aber nur dann zutreffend, wenn die Annahme richtig ist, daß Japan am günstigsten mit der kleinstmöglichen Sprungzahl von drei Sprüngen zu erreichen ist.

In **Bild 4** ist der erste der drei Sprünge über $1/3$ der Strecke nach Tokio maßstäblich dargestellt, und zwar einmal für eine höhere Frequenz, die tiefer in die Ionosphäre eindringt, und einmal für eine niedrigere Frequenz. Darunter findet man die Verhältnisse für vier Sprünge. Der erste Augenschein spricht dafür, daß drei Sprünge richtig sind, da bei einer höheren Sprungzahl, z. B. bei vier Sprüngen, die Verluste ansteigen. Erstens nimmt die Absorption zu, denn die unterhalb 100 km Höhe liegende D-Schicht (hier nicht eingezeichnet) muß öfter durchstoßen werden, und zweitens erhöhen sich die Bodenreflexionsverluste, da mehr Bodenreflexionen stattfinden. Die Absorptionszunahme durch die D-Schicht verläuft jedoch nicht so drastisch wie man erwarten könnte, weil die vermehrte Anzahl der Durchgänge zum Teil durch kürzere Wege in der D-Schicht kompensiert wird. Bei den Bodenreflexionsverlusten hingegen

wirken sich nicht nur die erhöhte Anzahl an Reflexionen, sondern auch die steileren Auftreffwinkel ungünstig aus. Zudem verursachen die steileren Abstrahlwinkel ein Absinken der Grenzfrequenz; das prozentuale Reflexionsvermögen der Ionosphäre verringert sich also. Die Gesamtverluste eines Ausbreitungsweges kann man jeweils in einer Gewinn-Verlust-Bilanz zusammenstellen (vgl. Abschn. 4).

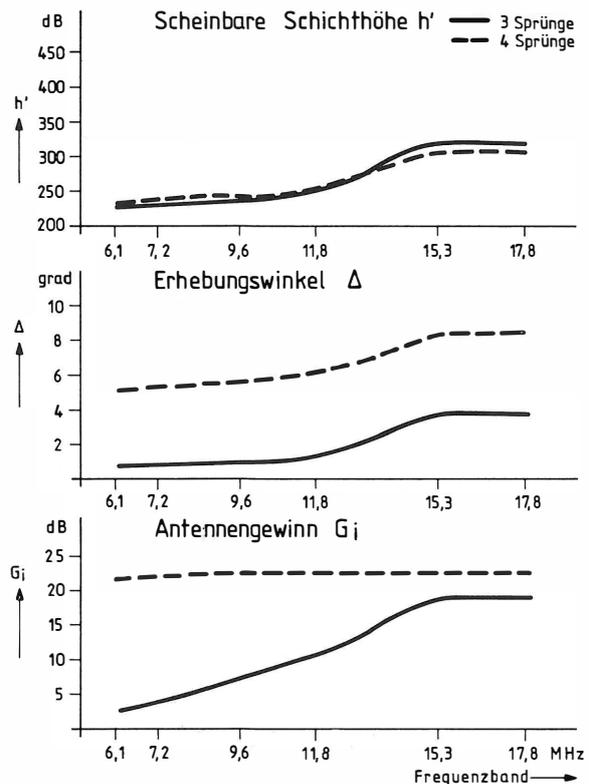


Bild 5
Vergleich der scheinbaren Schichthöhe h' , des Erhebungswinkels Δ sowie des Antennengewinns G_i bei 3 und bei 4 Sprüngen

Die Nachteile der höheren Sprungzahl können aber ausgeglichen werden, wenn man aufgrund des steileren Abstrahlwinkels in günstigere Bereiche des Abstrahlungsdiagramms der Sendeantenne gelangt. Der wirksame Antennengewinn ist nämlich eine Funktion des durch die Reflexionshöhe bedingten Erhebungswinkels.

Den Zusammenhang zwischen Schichthöhe, Erhebungswinkel und Antennengewinn zeigt **Bild 5**. Bei der für drei Sprünge optimalen Frequenz von 11 MHz beträgt der durch die Reflexionshöhe bestimmte Abstrahlwinkel nur 1,3 Grad. Der dabei erzielbare Antennengewinn von 10 dB gegenüber dem isotropen Strahler ist, gemessen an dem maximal möglichen Gewinn von 23 dB, gering. Bei der 4-Sprung-Verbindung nach Japan sehen die Verhältnisse wesentlich günstiger aus. Schon bei der niedrigsten Kurzwellenfrequenz erreicht man wegen des steileren Abstrahlwinkels einen Antennengewinn von 21,5 dB. Bei 11 MHz beträgt dieser 22,5 dB, also 12,5 dB mehr als im Fall des 3-Sprung-Verfahrens. Insgesamt verlaufen bei vier Sprüngen die Kurven wesentlich flacher und günstiger.

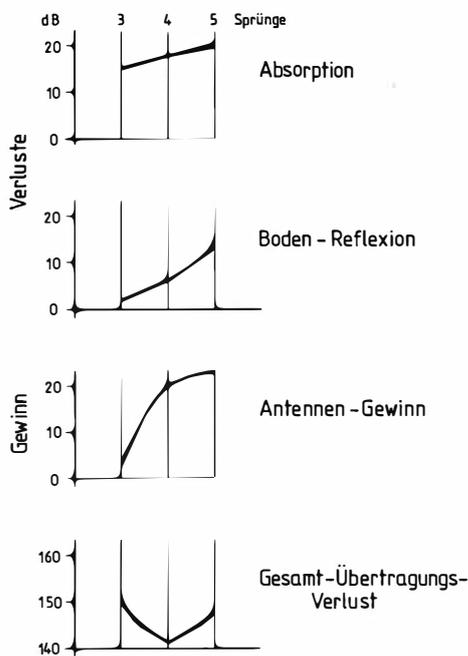


Bild 6
Gewinne und Verluste der Strecke Wertachtal — Tokio bei 3, 4 und 5 Sprüngen

Bild 6 zeigt die Verhältnisse bei drei, vier und fünf Sprüngen für ein ausgewähltes Frequenzband (9 MHz). In diesem Frequenzbereich steigt die Absorption nur unwesentlich, nämlich um 5 dB. Das mehrfache Durchqueren der D-Schicht wird durch die jeweils kürzeren Strecken in der Schicht annähernd kompensiert. Die Bodenreflexionsverluste hingegen erhöhen sich, bedingt durch die vermehrten Reflexionen und steileren Auftreffwinkel, deutlich um 12 dB. Dem steht der Antennengewinn gegenüber, der in diesem Beispiel von 2,5 auf 23 dB, also um rund 20 dB, zunimmt. Die untere Kurve zeigt die Gesamtübertragungsverluste für die Strecke Wertachtal —

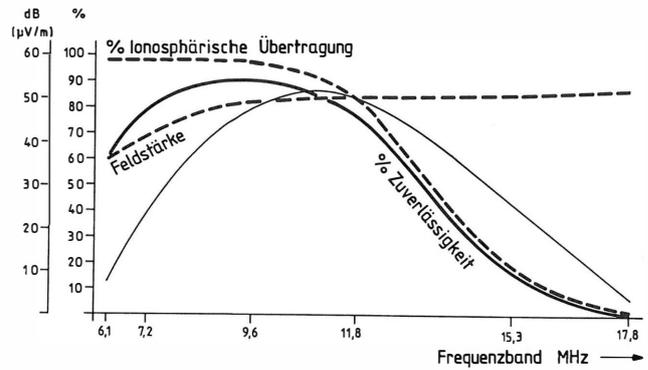


Bild 7
Zuverlässigkeit der Strecke Wertachtal — Tokio bei 4 Sprüngen
(Die dünn gezeichnete Kurve entspricht der Zuverlässigkeitskurve in Bild 3)

Tokio, wobei zu den obigen Verlusten und dem Antennengewinn noch die Freiraumverluste addiert wurden. Wie das Beispiel zeigt, sind bei vier Sprüngen die Verluste um 10 dB geringer als bei drei, der Mindestsprungzahl. Selbst bei fünf Sprüngen sind die Verhältnisse noch günstiger als bei drei. Das Optimum liegt jedoch eindeutig bei vier Sprüngen.

Zum Vergleich: Bei drei Sprüngen (**Bild 3**) steigt die Feldstärke von relativ geringen Werten aus an. Die ionosphärische Übertragung hat bis über 11 MHz Werte von über 90 %. Die maximale Zuverlässigkeit erscheint bei 11 MHz mit 83 %. Bei vier Sprüngen (**Bild 7**) ist schon bei der niedrigsten Frequenz eine bedeutend höhere Feldstärke vorhanden. Die Kurve der ionosphärischen Übertragung fällt aber bereits zwischen 9 und 11 MHz unter 90 %. Die maximale

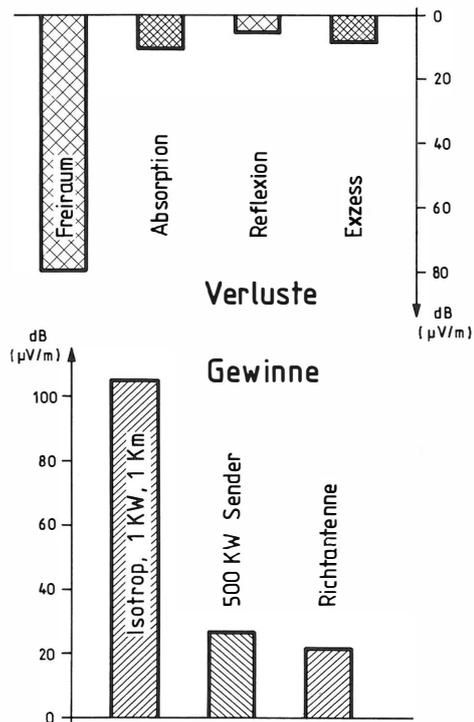


Bild 8
Gewinne und Verluste auf der Strecke Wertachtal — Tokio bei 4 Sprüngen und bei der optimalen Sendefrequenz

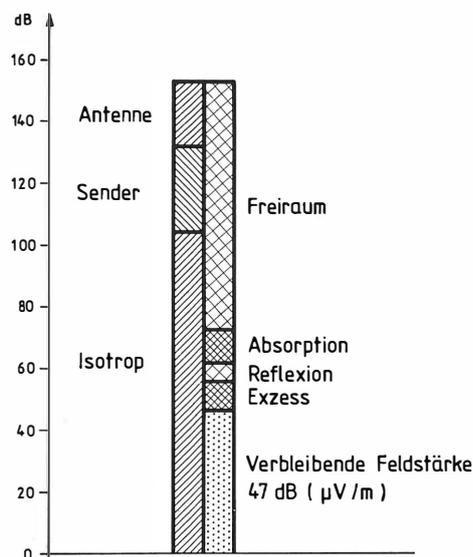


Bild 9

Gewinn-Verlust-Bilanz für die Strecke Wertachtal — Tokio bei 4 Sprüngen und bei der optimalen Sendefrequenz (gilt nur zu einem ganz bestimmten Zeitpunkt)

Zuverlässigkeit von 91 % tritt nun bei 9 MHz auf. (Die dünne Kurve in Bild 9 entspricht der Zuverlässigkeitskurve für drei Sprünge). 9 MHz wird also als optimale Frequenz für die Versorgung Japans zur genannten Tageszeit, Jahreszeit und Sonnenaktivität vorausgesagt.

4. Gewinn-Verlust-Bilanz (am Beispiel Japan)

Bild 8 zeigt im unteren Teil die Gewinne, die durch Senderleistung und Richtantenne erzielt werden. Sie wurden in Feldstärken in dB über $1 \mu\text{V/m}$

in 1 km Entfernung von der Sendeantenne umgerechnet. Oberhalb sind die auf der Strecke Wertachtal-Tokio auftretenden Freiraum-, Absorptions- (D-Schicht) und Bodenreflexionsverluste eingetragen. Der Posten „Excess System Loss“ enthält zusammengefaßt empirisch festgestellte, abnormale Verluste.

In **Bild 9** sind die Gewinne und Verluste als Bilanz zusammengestellt. Sie führen am Empfangsort zu einer verbleibenden Feldstärke von 47 dB μ .

5. Schlußbemerkungen

Das oben beschriebene Beispiel stellt einen winzigen Ausschnitt aus der Frequenzplanungsarbeit der Deutschen Welle dar. Die Berechnungen müssen für andere Stunden, Monate, Jahre und Strecken ständig wiederholt werden. Dies ist nur mit Hilfe von Großrechnern möglich. Langfristig nichtvoraussagbare Ionosphärenstörungen und Interferenzen durch andere Kurzwellen-Rundfunksender in den um das Drei- bis Vierfache überbelegten Frequenzbereichen machen eine ständige Frequenzüberwachung und Frequenzanpassung an die jeweiligen Verhältnisse notwendig. 87 % der von der Deutschen Welle ausgestrahlten Frequenzstunden werden von den Hörern gut empfangen. Dabei stehen für die Versorgung eines Kontinents meist nur einige hundert Kilowatt zur Verfügung.

SCHRIFTTUM

- [1] Gesetz über die Errichtung von Rundfunkanstalten des Bundesrechts vom 29. November 1960. Bundesgesetzblatt, Jahrgang 1960, Teil I.
- [2] Barghausen, Finney, Proktor, Schultz: Predicting Long-Term Operational Parameters of High Frequency Telecommunication Systems. U. S. Department of Commerce, essa Technical Report ERL 110-ITS 78.

EINFLUSS DES DOLBY-B-VERFAHRENS AUF DIE ÜBERTRAGUNGSQUALITÄT
IM UKW-HÖRRUNDFUNK¹VON ERNST-JÜRGEN MIELKE²

Manuskript eingegangen am 8. Dezember 1976

UKW-Rundfunkversorgung

Zusammenfassung

Am Rande des Versorgungsgebietes sowie unter ungünstigen Empfangsverhältnissen kann der Rundfunkempfang durch zu geringe Signal-Rauschabstände beeinträchtigt werden. Zur Geräuschminderung werden in der Niederfrequenztechnik immer häufiger Kompandersysteme erfolgreich eingesetzt. Zur Verwendung im UKW-Hörrundfunk bietet sich beispielsweise das Dolby-B-Verfahren an. Wird die Preemphasiskonstante auf 25 μ s reduziert, so lassen subjektive Untersuchungen das Verfahren mit den gegenwärtigen Rundfunkempfängern nahezu kompatibel erscheinen, da die Kompression vorwiegend im oberen Tonfrequenzbereich erfolgt. Der Einsatz eines Dolby-B-Expanders auf der Empfängerseite verbessert den niederfrequenten und hochfrequenten Störabstand zum Teil erheblich und vergrößert damit den Versorgungsbereich der Rundfunksender.

Mit der Zurücknahme der Preemphase auf 25 μ s verringert sich auch der Spitzenhub der Sender. Dies könnte zu der Annahme verleiten, daß durch eine zusätzliche Huberhöhung eine weitere Verbesserung der Signal-Rauschabstände zu erreichen sei. Eingehende Untersuchungen zeigten jedoch, daß eine Anhebung des Hubes, bei dem gegenwärtigen Kanalraster von 100 kHz, sehr rasch zu unzulässigen Nachbarkanalstörungen führt.

Summary Influence exercised by the Dolby-B-system on the transmitting quality in UHF-radio broadcasting

In peripheral service areas, and in case of unfavourable receiving conditions, reception may be influenced by insufficient signal-to-noise ratio. For noise reduction compandor systems are applied in the low frequency range with steadily growing success. The Dolby-B-system, for example, can be usefully applied in UHF-radio broadcasting. If the pre-emphasis constant is reduced to 25 μ s, subjective tests seem to demonstrate a good compatibility between this procedure and present-day radio receivers, because the compression takes place mainly in the upper sound frequency range. Application of a Dolby-B-expander at the receiving end can improve the low and high frequency signal-to-noise ratio considerably, thus enlarging the coverage area of the broadcasting transmitters.

By reducing the pre-emphasis to 25 μ s, the peak frequency swing of the transmitter is also decreased. This might suggest that by an additional increase of the frequency deviation further improvement of the signal-to-noise ratio may be obtained. Close examination of this phenomenon, however, shows that, with the actual channel spacing of 100 kHz, further peaking of frequency deviation would soon lead to inadmissible interferences with adjacent channels.

Sommaire Influence du procédé DOLBY B sur la qualité de transmission dans la radiodiffusion sonore en OTC

Dans les zones périphériques de service ainsi que dans les conditions défavorables de réception la qualité de réception peut être influencée par des rapports signal-bruit insuffisants. Pour réduire les bruits on applique de plus en plus, dans le domaine des basses fréquences, des systèmes compresseur-extenseur. Le procédé DOLBY B, par exemple, peut être utilisé avec succès par la radiodiffusion sonore en OTC. En réduisant la constante de préaccentuation à 25 μ s, on obtient presque compatibilité, d'après des recherches subjectives, entre ce procédé et les récepteurs actuels, la compression se produisant surtout dans la gamme supérieure de la fréquence audio. L'utilisation d'un extenseur DOLBY B dans les récepteurs améliore, parfois considérablement, le rapport signal-bruit basse et haute fréquence, et étend ainsi la zone desservie par les émetteurs de radiodiffusion.

En réduisant la préemphase à 25 μ s, l'excursion de pointe d'un émetteur se diminue également. On pourrait en déduire à tort qu'une augmentation supplémentaire d'excursion peut améliorer encore les rapports signal-bruit. On a constaté, toutefois, qu'étant donnée la trame actuelle de 100 kHz, l'augmentation de l'excursion amène facilement des interférences inadmissibles dans les canaux adjacents.

1. Einleitung

Die Übertragungsqualität im UKW-Hörrundfunk erfüllt im allgemeinen auch die Erwartungen eines anspruchsvollen Hörers. Am Rande des Versorgungsgebietes sowie unter ungünstigen Empfangsverhältnissen kann der Rundfunkempfang jedoch durch zu geringe Signal-Rauschabstände beeinträchtigt werden. Diese Beeinträchtigungen lassen sich durch erhöhten Antennenaufwand nur teilweise ausgleichen. In der Niederfrequenztechnik werden schon seit langem Kompandersysteme erfolgreich zur Geräuschminderung verwendet. Das Dolby-B-Verfahren fin-

det in der Unterhaltungselektronik immer breitere Anwendungsbereiche [1, 2]. Frequenzabhängige Kompandersysteme scheinen auch geeignet zu sein, den Signal-Rauschabstand im UKW-Hörrundfunk zu verbessern [3]. Um ihre Brauchbarkeit für den UKW-Hörrundfunk zu ermitteln, wurden vom Institut für Rundfunktechnik Versuche mit dem Dolby-B-Verfahren durchgeführt.

Die Arbeitsweise des Dolby-B-Verfahrens ist in der Literatur umfassend beschrieben [1 bis 4]. Zur Reduzierung der auf dem Übertragungsweg hinzukommenden Störungen wird das Nutzsinal vor der Übertragung oder Speicherung bei niedrigen Pegeln im oberen Frequenzbereich angehoben und bei der Wiedergabe entsprechend abgesenkt. Damit entsteht ein linearer Überalles-Frequenzgang (Bild 1). Der Kompressionsgrad ist sowohl amplituden- als auch frequenzabhängig (Bild 2). Zusammen mit dem Nutzsinal werden bei der Wiedergabe auch die auf dem

¹ Überarbeitete und ergänzte Fassung eines Vortrages, gehalten auf der 4. Fachtagung Hörrundfunk der Nachrichtentechnischen Gesellschaft (NTG) in Düsseldorf, 2. bis 4. November 1976.

² Ernst-Jürgen Mielke ist Laboringenieur im Arbeitsbereich Übertragungstechnik Hörfunk im Institut für Rundfunktechnik, München.

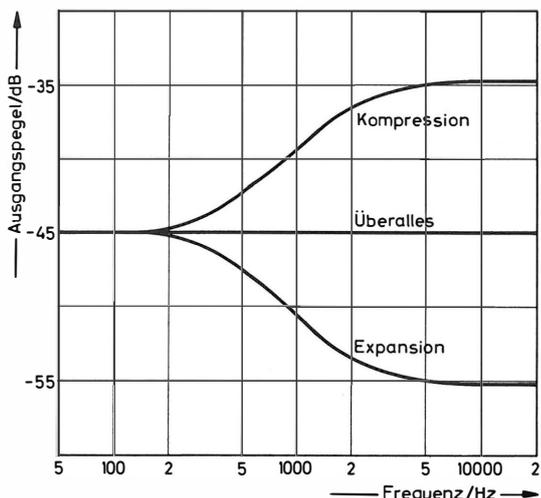


Bild 1
Frequenzgang der Dolby-B-Geräte für niedrige Pegel

Ausbreitungsweg bzw. bei der Speicherung entstehenden Störspannungen abgesenkt.

Aufgrund neuerer Untersuchungen der statistischen Amplitudenverteilung des im UKW-Hörrundfunk verwendeten Programmaterials wird bei Anwendung des Dolby-B-Verfahrens eine geringere Anhebung der hohen Frequenzen empfohlen [4]. Die Preemphasis sollte dem Frequenzgang eines RC-Gliedes mit einer Zeitkonstanten von $25 \mu s$ entsprechen. Damit wird die Kompatibilität zu Empfängern verbessert, die keinen Expander, dafür aber eine $50\text{-}\mu s$ -Deemphasis enthalten. Außerdem soll die geringere Anhebung der höherfrequenten Programmteile, bei gleicher Sicherheit gegen Übersteuerung, eine Anhebung des Frequenzhubes bei tiefen Frequenzen gestatten.

Allein mit dem Einsatz eines Kompanders erreicht man schon eine merkbare Verminderung der Störungen des Übertragungsweges, durch eine zusätzliche Huberhöhung könnten die NF-Störabstände weiter verbessert werden. Eine geringfügige Erhöhung des mittleren Frequenzhubes führt aber bereits

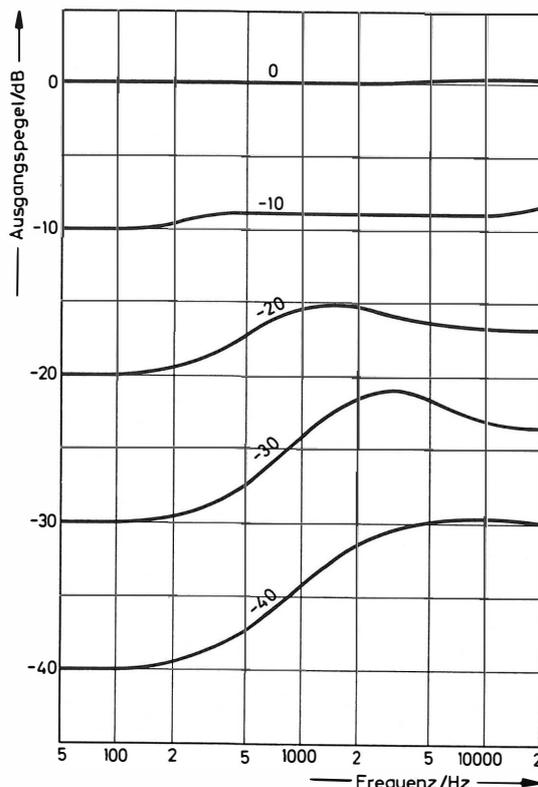


Bild 2
Kompressorkennlinien für unterschiedliche Eingangspegel

zu einer beachtlichen Erhöhung der Nachbarkanalstörungen [5]; deshalb scheint die vorgeschlagene Huberhöhung undurchführbar. Sollte sie sich als unzulässig erweisen, könnte man mit einem Kompandersystem mit $50\text{-}\mu s$ -Pre-Deemphasis noch größere Störabstandsverbesserungen erzielen. Dabei würde allerdings die Kompatibilität zu Empfängern ohne Expander verschlechtert.

Die folgenden Ausführungen sollen am Beispiel des Dolby-B-Verfahrens zeigen, welche Auswirkungen die Einführung eines frequenzabhängigen Kompandersystems auf die Übertragungsqualität im UKW-

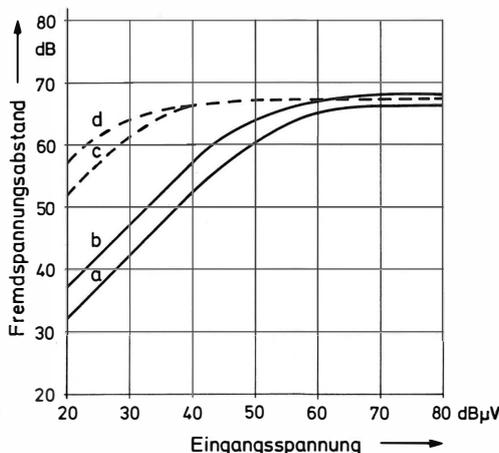
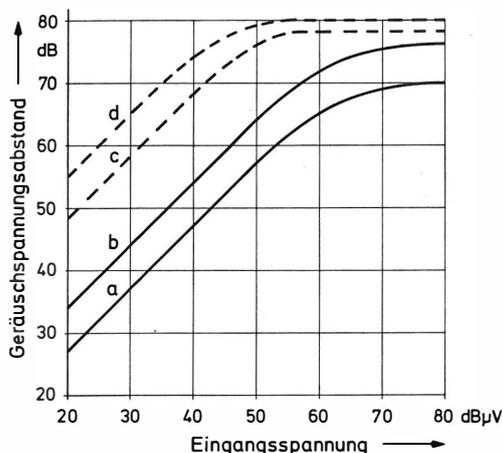


Bild 3
NF-Störabstände (Ballempfänger)

- a = Stereo ohne Kompander
- b = Stereo mit Kompander
- c = Mono ohne Kompander
- d = Mono mit Kompander

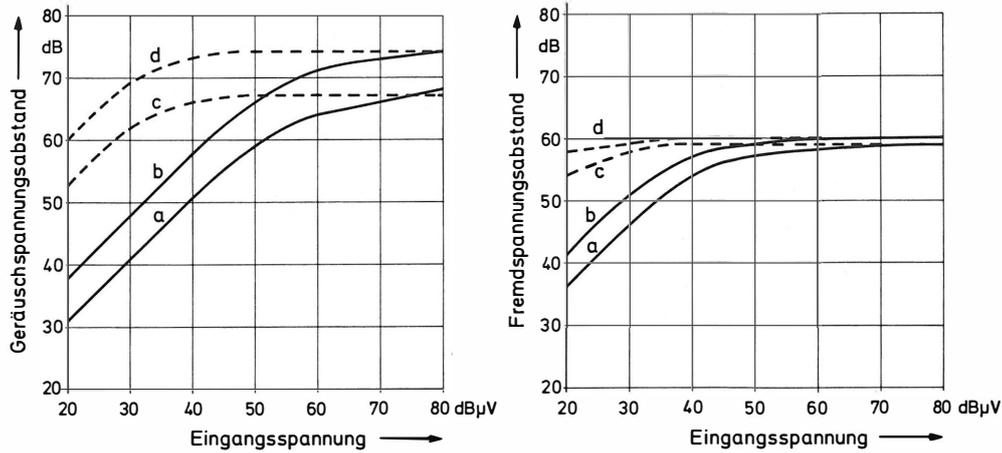


Bild 4

NF-Störabstände (HiFi-Empfänger der oberen Preisklasse)
 a = Stereo ohne Kompander b = Stereo mit Kompander
 c = Mono ohne Kompander d = Mono mit Kompander

Hörrundfunk hat. Um den Einfluß unterschiedlicher Empfängerarten zu erfassen, wurden alle Messungen an drei verschiedenen Empfängern vorgenommen:

- Empfänger für professionellen Einsatz (Ballempfänger)
- HiFi-Empfänger der oberen Preisklasse mit eingebautem Dolby-B-Expander
- HiFi-Empfänger der unteren Preisklasse.

2. Verbesserung von Geräusch- und Fremdspannungsabständen

Ein wesentlicher Grund, Kompandersysteme in UKW-Hörrundfunk wünschenswert erscheinen zu lassen, ist die Möglichkeit, das Empfängerrauschen beim Empfang schwacher Sender zu verringern. Die Verbesserung der Empfangsqualität zeigt sich in der Veränderung der Geräusch- und Fremdspannungsabstände.

Die auf ± 40 kHz bezogenen NF-Störabstände sind für die drei untersuchten Empfänger in den **Bildern 3 bis 5** abhängig von der Eingangsspannung darge-

stellt. Die Kurven geben den Störabstandsverlauf für Mono- und Stereobetrieb mit und ohne Expander wieder (Quasispitzenwertmessung nach DIN 45405).

Der Geräuschspannungsabstand der Empfänger wird durch den Einsatz des Dolby-B-Expanders bei Mono- und Stereoempfang etwa um 7 dB verbessert. Lediglich dort, wo ohnehin ein hoher Geräuschspannungsabstand (> 70 dB) vorhanden ist oder Störungen mit niedriger Frequenz (Netzbrumm) dominieren, ist die Verbesserung geringer. Das zeigt sich bei den Fremdspannungsabständen noch ausgeprägter. Sie werden bei Monoempfang und mittleren bis hohen Eingangsspannungen ($U_e > 100 \mu V$) nur unwesentlich verbessert. Bei kleineren Eingangsspannungen und Stereoempfang beträgt die Verbesserung maximal 5 dB.

Die im Mittel um 2 dB größere Verbesserung der Geräuschspannungsabstände ist durch die gehörrichtige Bewertung der Geräuschspannungen zu erklären. Gerade im Bereich höchster Ohrempfindlichkeit ist die Wirkung des Kompanders am größten und die tieffrequenten Störsignale werden durch das Bewertungsfilter abgesenkt.

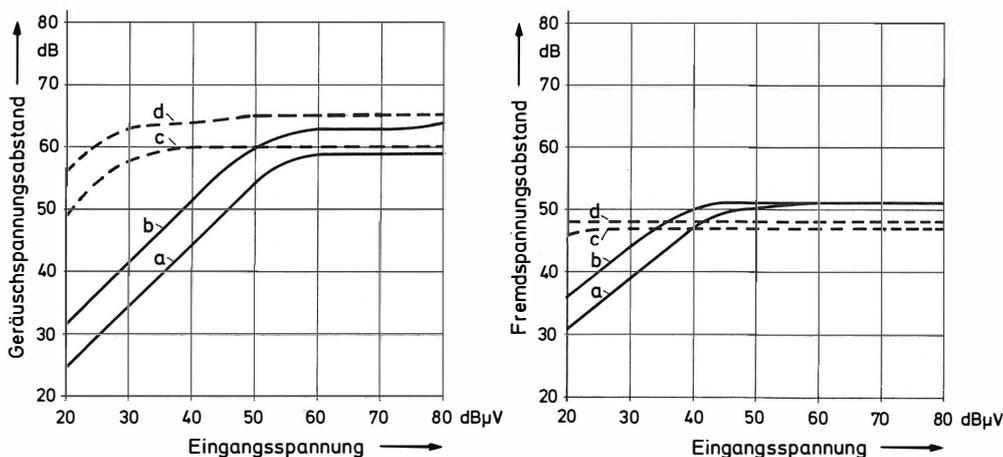


Bild 5

NF-Störabstände (HiFi-Empfänger der unteren Preisklasse)
 a = Stereo ohne Kompander b = Stereo mit Kompander
 c = Mono ohne Kompander d = Mono mit Kompander

3. Beeinflussung der HF-Störabstände

3.1. Meßverfahren

Ein nicht zu vernachlässigender Qualitätsparameter bei der Übertragung von Tonsignalen im UKW-Hörrundfunk sind die Störungen durch Gleich- und Nachbarkanalsender. Der Grad der Störung wird durch den HF-Störabstand ($20 \lg [E_N/E_S]$) ausgedrückt. Er gibt an, wie groß die Pegeldifferenz zwischen Nutz- und Störsignal am HF-Eingang des Empfängers sein muß, um am NF-Ausgang einen bestimmten Geräuschspannungsabstand zu gewährleisten. Der unter anderem aus meßtechnischen Gründen gewählte NF-Schutzabstand von 54 dB liefert eine dem Übertragungsverfahren angemessene NF-Qualität. Zur Messung der HF-Störabstände werden die Signale von zwei Meßsendern am Antenneneingang des Empfängers eingespeist. Der Nutzsender ist nicht, bzw. nur mit dem für Stereo-Betrieb erforderlichen 19-kHz-Pilotton moduliert. Der zweite Meßsender – im folgenden als Störsender bezeichnet – wird mit farbigem Rauschen³ mit einem Quasispitzenhub von ± 32 kHz (vor der Preemphasis, gemessen mit Aussteuerungsmesser) moduliert [5]. Das Verhältnis von Nutz- zu Störsignal (E_N/E_S) wird so eingestellt, daß sich – bezogen auf ± 40 kHz Nutzhub bei 500 Hz – am Geräuschspannungsmesser der Geräuschspannungsabstand von 54 dB ergibt (Spitzenwertmessung nach DIN 45405).

Dieses vergleichsweise komplizierte Selektions-Meßverfahren wird verwendet, weil es die im praktischen Betrieb auftretenden Verhältnisse recht gut nachbildet. Es wird in ähnlicher Form für die Festlegung von Schutzabstandskurven zur Planung von UKW-Sendernetzen herangezogen.

3.2. Verbesserung durch Kompander

Bild 6 zeigt, in welchem Bereich die an den drei Empfängern ohne Kompander ermittelten HF-Störabstände liegen. Sie sind für Mono- und Stereobetrieb als Funktion des Frequenzabstandes zwischen Nutz- und Störsender (Frequenzversatz) dargestellt.

Die Verwendung eines Expanders auf der Empfängerseite verringert die durch den zweiten Sender hervorgerufenen Störungen. Da die HF-Störabstände vereinbarungsgemäß für einen konstanten NF-Schutzabstand ermittelt werden, wird vielfach erwartet, daß die Verbesserung durch ein Kompander-System für alle Frequenzabstände und Empfänger nahezu gleich ist. Das ist aber aus mehreren Gründen unzutreffend. Das niederfrequente Störsignal kann bei verschiedenen Empfängern auf unterschiedliche Weise entstehen. Seine spektrale Zusammensetzung – und damit der Expandergewinn – hängen von der statischen Selektion, vom Frequenzversatz sowie von den Begrenzer- und Diskriminatoreigenschaften ab. Darüber hinaus ist auch der Zusammenhang zwischen niederfrequentem und hochfrequentem Störabstand, abgesehen vom Gleichkanalfall, keineswegs linear und zudem vom Frequenzversatz abhängig [5].

Die mit dem Dolby-B-Expander erzielte Verbesserung der HF-Störabstände ist in **Bild 7** als Funktion des Frequenzversatzes aufgetragen. Auch hier

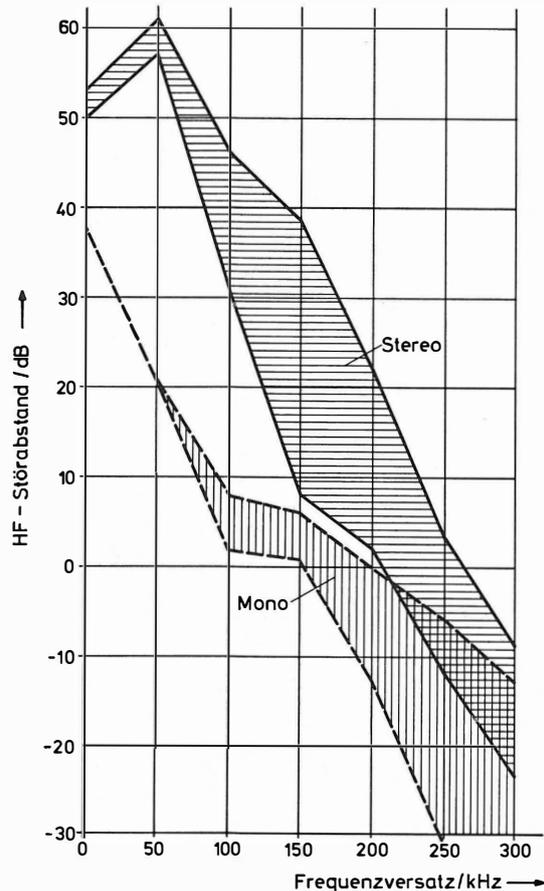


Bild 6
HF-Störabstände ohne Kompander

sind lediglich die Bereiche dargestellt, in denen die Verbesserungen für die drei untersuchten Empfänger für Mono- und Stereobetrieb liegen. Für Gleichkanalsender (Frequenzversatz gleich Null) wird der HF-Störabstand sowohl bei Mono- als auch bei Stereobetrieb für alle Empfänger um 7 dB verbessert. Für die Störungen durch den Nachbarkanalsender ergeben sich beim gegenwärtig in Europa verwend-

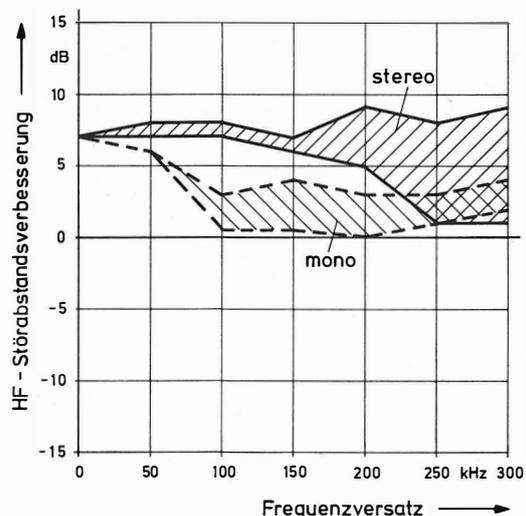


Bild 7

Verbesserung der HF-Störabstände durch Dolby-B-Kompander

³ Spektrale Verteilung entsprechend CCIR-Report 399-2, Genf 1974.

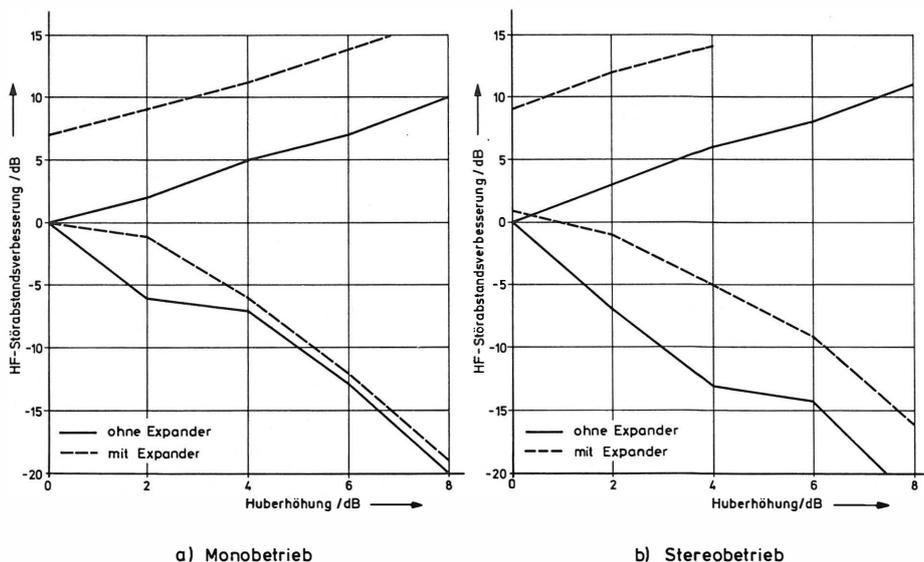


Bild 8
 Einfluß der Huberhöhung (Nutz- und Störsender)

ten Nachbarkanalabstand von 100 kHz Verbesserungen zwischen 0,5 und 3 dB bei Monobetrieb und zwischen 7 und 8 dB bei Stereobetrieb. Aber auch für 200 kHz und 300 kHz Frequenzabstand werden noch ähnliche Verbesserungen erreicht. Lediglich bei dem Ballempfänger wird die Verbesserung geringer, da dessen HF-Störabstände ohnehin schon sehr gut sind.

Die Kompression des Störsender-Modulations-signals nach dem Dolby-B-Verfahren hat keinerlei Einfluß auf den eingestellten Geräuschspannungsabstand von 54 dB. Damit bleiben auch die HF-Störabstände konstant.

3.3. Auswirkungen einer Erhöhung des Frequenzhubes

Wie eingangs erwähnt, soll mit der Rücknahme der Preemphasis auf 25 μ s nicht nur die Kompatibilität zu herkömmlichen Rundfunkempfängern ohne Expander verbessert werden, es soll damit auch eine Erhöhung des Frequenzhubes ermöglicht werden. Diese würde jedoch zu einer Verbreiterung der Frequenzspektren von Nutz- und Störsender führen. Schon eine geringfügige Huberhöhung kann eine erhebliche Verschlechterung der Nachbarkanalstörabstände bewirken.

Bild 8 zeigt die Änderung der HF-Störabstände als Funktion der Huberhöhung von Nutz- und Störsender. Das durch die ausgezogenen Linien eingeschlossene Feld stellt den Bereich dar, in dem die Störabstandsänderungen der drei untersuchten Empfänger ohne Expander für 0 bis 300 kHz Frequenzversatz liegen. Die gestrichelten Linien gelten für den Betrieb mit Dolby-B-Expander.

Schon für 2 dB Huberhöhung kann der HF-Störabstand bei Stereobetrieb ohne Expander bis zu 7 dB (mono 6 dB) verschlechtert aber auch bis zu 3 dB (mono 2 dB) verbessert werden. Selbst mit Expander können die HF-Störabstände noch um 1 dB verschlechtert werden. Ob eine Verbesserung oder Verschlechterung der HF-Störabstände zu erwarten ist, hängt von den Empfängereigenschaften und dem Frequenzversatz ab. Wird der Bezugshub des Nutzsen-

ders nicht mit angehoben, werden die Störabstandsänderungen noch ungünstiger.

Die Störabstandsänderung ist in sehr hohem Maße vom Frequenzversatz abhängig. Diesen Zusammenhang zeigt **Bild 9** für 2 dB Huberhöhung von Nutz- und Störsender. Es sind durchaus Frequenzabstände zu finden, bei denen diese Huberhöhung zur Verbesserung der HF-Störabstände an den untersuchten Empfängern führt. Sie stimmen jedoch für Mono- und Stereobetrieb nicht überein. Für 100 kHz Frequenzabstand kann die Huberhöhung bei Stereobetrieb ohne Expander zu einer Verschlechterung der HF-Störabstände um 7 dB führen. Mit Expander wird der Gewinn beim Ballempfänger auf 1 dB reduziert. Noch ungünstigere Werte ergeben sich wieder, wenn ausschließlich der Hub des Störsenders erhöht wird.

3.4. Einfluß von Pre- und Deemphasis

Wird auf die Huberhöhung wegen der angeführten Meßergebnisse verzichtet und sieht man von Kompatibilitätsforderungen ab, dann könnte die 50- μ s-Pre- und Deemphasis beibehalten werden. Damit ließe sich eine zusätzliche Verbesserung der Störabstände erzielen. Für die HF-Störabstände ergeben sich, bei 100 kHz Frequenzversatz, Verbesserungen von insgesamt 9 bis 10 dB bei Stereoempfang und 0,5 bis 3 dB bei Monoempfang.

Die Störabstandsverbesserung mit der 50- μ s-Deemphasis ist bei Stereoempfang etwa 2 dB größer als mit der 25- μ s-Deemphasis. Bei Monoempfang ist nur im Gleichkanalfall und bei 50 kHz Frequenzversatz ein merklicher Anstieg (3 bis 4 dB) feststellbar.

4. Subjektive Untersuchungen

In den vorhergehenden Ausführungen wurde am Beispiel des Dolby-B-Verfahrens gezeigt, zu welchen Verbesserungen der Übertragungsqualität der Einsatz frequenzabhängiger Kompandersysteme im UKW-Hörrundfunk führen kann. Da aber bei eventueller Einführung eines Kompandersystems wäh-

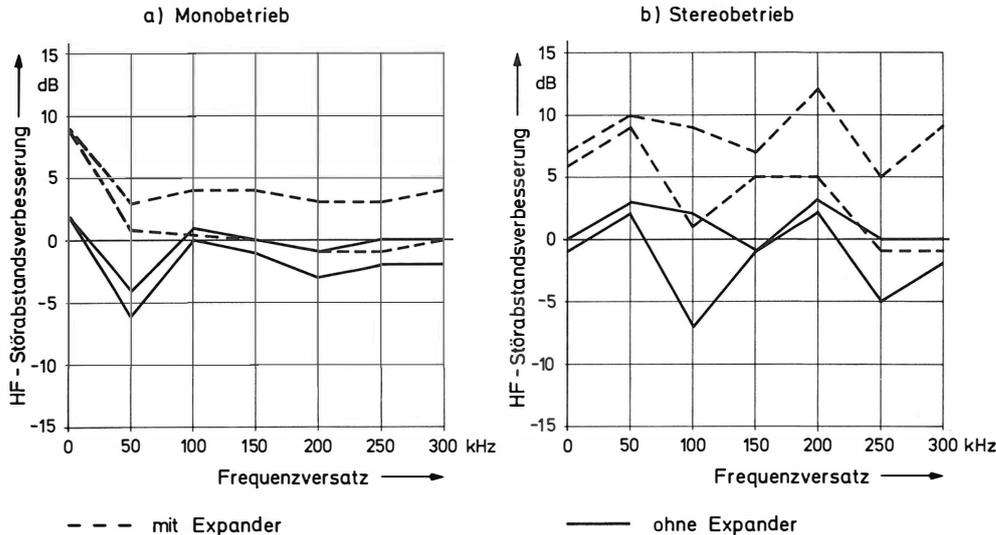


Bild 9
Einfluß des Frequenzversatzes bei 2 dB Huberhöhung
(Nutz- und Störsender)

rend einer langen Übergangszeit oder sogar immer damit gerechnet werden muß, daß die Empfänger mittlerer und niedriger Preisklassen keinen Expander enthalten werden, stellt sich die Frage, welche subjektiven Auswirkungen der senderseitige Einsatz eines Dolby-B-Kompressors hat, wenn der entsprechende Expander auf der Empfängerseite fehlt.

Zur Beantwortung dieser Frage wurde ein Hörtest durchgeführt. Untersucht wurden zwei Varianten:

Variante 1

Sender: Dolby-B-Kompressor,
Preemphasis 25 μ s
Empfänger: Deemphasis 50 μ s

Variante 2

Sender: Dolby-B-Kompressor,
Preemphasis 50 μ s
Empfänger: Deemphasis 50 μ s

An dem Hörtest waren 12 Personen beteiligt, je zur Hälfte in Hörversuchen geübte Fachleute und Nichtfachleute. Ihnen wurden vier verschiedene Programmausschnitte (Klaviermusik, Opernarie, Nachrichtensprecher und Tanzmusik) zu Gehör gebracht, und zwar jeweils im Original und im Vergleich dazu in der „Bearbeitung“ nach obigen Varianten. Die Hörer wurden gefragt, ob sie zwischen Original und „Bearbeitung“ einen Unterschied wahrnehmen und wie sie ihn, bezogen auf das Original, bewerten.

Es zeigte sich, daß bei den Programmbeispielen die Erkennbarkeit eines Unterschiedes zwischen Original- und bearbeitetem Signal unterschiedlich groß ist. Der festgestellte Unterschied ist mit 50- μ s-Preemphasis immer größer als mit 25 μ s. Fachleute hören die Unterschiede deutlicher als Nichtfachleute.

Im Mittel wird das komprimierte Signal mit 50- μ s-Preemphasis immer als qualitativ schlechter bezeichnet als das mit einer Preemphasis von 25 μ s. Das bearbeitete Signal wird nicht bei allen Programmbeispielen schlechter beurteilt als das Original. Bei dem verwendeten Sprachbeispiel wird die Bearbei-

tung als Verbesserung empfunden, da die Verständlichkeit steigt. Von den Nichtfachleuten wird das mit der Bearbeitung verbundene Anheben von Anteilen höherer Frequenzen zum Teil positiv gewertet und trotz des deutlicheren Unterschieds zum Original bei der 50- μ s-Preemphasis als bessere Qualität beschrieben.

Aus dem Hörtest geht hervor, daß unter den zugrundegelegten Versuchsbedingungen der Unterschied zwischen Original- und bearbeitetem Signal eindeutig erkennbar ist.

Wie sieht es aber ohne die Möglichkeit des direkten Vergleichs zum Originalsignal aus? Zur Beantwortung dieser Frage wurde ein Rundfunksender mehrere Wochen mit einem Dolby-B-Kompressor und 25- μ s-Preemphasis betrieben, ohne dies vorher anzukündigen. Während der ganzen Zeit ist es zu keinerlei Beanstandungen von Seiten der Hörerschaft gekommen, die auf den Einsatz des Kompressors zurückzuführen gewesen wären. Beim Betrieb eines Senders mit einem Dolby-B-Kompressor und 50- μ s-Preemphasis kamen dagegen sehr bald Beschwerden über Veränderungen des gewohnten Klangbildes, zu starke Höhenanteile und damit verbunden geringere Geräuschspannungsabstände.

5. Zusammenfassung und Schlußbemerkung

Die Einführung frequenzabhängiger Kompandersysteme im UKW-Hörrundfunk führt durch die Expansion auf der Empfängerseite durchaus zu einer brauchbaren Verminderung der Störungen des Übertragungsweges. Der Geräuschspannungsabstand wird bei kleinen Eingangssignalen mit dem Dolby-B-Verfahren ungefähr um 7 dB verbessert.

Bei der Expansion des NF-Signals werden auch die durch Störsender verursachten Geräuschspannungen um etwa 7 dB vermindert. Die Verbesserung der HF-Störabstände ist bei Stereoempfang für den Gleich- und Nachbarkanal etwa ebenso groß. Bei Monoempfang ist die Verbesserung nicht so deutlich, da dort speziell bei hochwertigen Empfängern, aus

geringen Änderungen des HF-Störabstandes schon starke Änderungen der Geräuschspannung resultieren [5]. Eine Anhebung des Frequenzhubes erweist sich bei dem gegenwärtig in Europa verwendeten Kanalraster von 100 kHz als unzulässig. Sie führt schon bei 2 dB Huberhöhung zu einer erheblichen Verschlechterung der HF-Störabstände, die auch durch die Expansion im Empfänger kaum ausgeglichen werden kann. Das zeigt sich gerade bei Empfängern mit guten Selektionseigenschaften besonders deutlich.

Die Modulationskompression der Nachbarsender mit Dolby-B-Kompressoren hat bei gleichzeitiger Änderung der Preemphasis auf 25 μ s keinen meßbaren Einfluß auf die HF-Störabstände.

Die Vorteile frequenzabhängiger Kommandersysteme sind an sich bestechend. Dem Hörer ohne Expander darf jedoch durch das senderseitig bearbeitete Signal keine Qualitätsminderung aufgezwungen werden. Subjektive Untersuchungen am Dolby-B-Verfahren zeigen, daß bei direktem Vergleich zwischen bearbeitetem und Originalsignal ein Unterschied durchaus erkennbar ist. Je nach Programmmaterial und persönlichem Geschmack wird der Unterschied als Verbesserung oder Verschlechterung der Qualität empfunden. Im Mittel aller Urteile ergibt sich eine geringfügige Qualitätsminderung. Entfällt die Möglichkeit zum Vergleich mit dem Original, werden die Unterschiede nicht erkannt. Längere Zeit an einem

Sender durchgeführte Versuche bestätigen das. Unbedingte Voraussetzung dafür ist aber, daß die Preemphasiszeitkonstante von 50 μ s auf 25 μ s reduziert wird, obgleich der Einsatz des Dolby-B-Systems mit 50- μ s-Preemphasis weitere Störabstandsverbesserungen ergäbe.

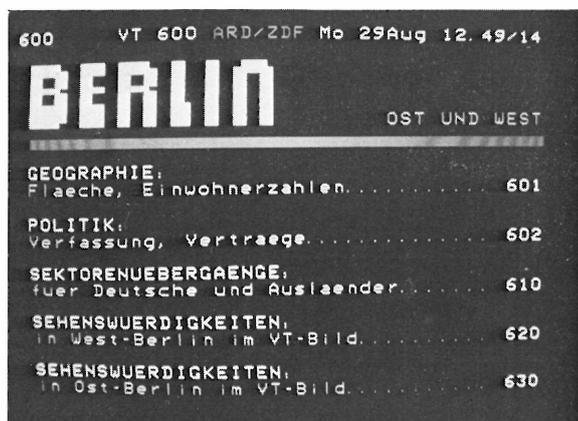
Ein wichtiger Gesichtspunkt bei einer Entscheidung zur Einführung eines frequenzabhängigen Kommandersystems im UKW-Hörrundfunk wird die Kostenfrage sein. Nur wenn Expander guter Qualität preiswert angeboten werden können, so daß ihre Kosten keine wesentliche Erhöhung der Empfängerpreise nach sich ziehen, wird sich der Rundfunk und die Empfängerindustrie zu diesem Schritt entschließen können.

SCHRIFTTUM

- [1] Berkovitz R. und Gundry K.: Das Dolby-B-System — Grundbegriffe und Anwendungsbereiche. Funk-Technik 28 (1973), S. 55 bis 57.
- [2] Berkovitz R. und Gundry K.: Das Dolby-B-System — Arbeitsweise und Anwendungsbereiche. Funk-Technik 28 (1973), S. 83 bis 86.
- [3] Robinson D. P.: Dolby B-Type Noise Reduction for FM Broadcasts. Journal of the Audio Engineering Society 21, (1973), S. 351 bis 356.
- [4] Dolby R. M.: Optimum use of Noise Reduction in FM Broadcasting. Journal of the Audio Engineering Society 21, (1973), S. 357 bis 362.
- [5] Mielke E.-J.: Ein Verfahren zur Messung der Betriebsselektion von FM-Rundfunkempfängern. Fernmeldepraxis 50, (1973), S. 1011 bis 1023.

VIDEOTEXT-DEMONSTRATION DER RUNDFUNKANSTALTEN AUF DER INTERNATIONALEN FUNKAUSSTELLUNG 1977 IN BERLIN

Im Rahmen der Präsentation neuer Techniken demonstrierten auf der Internationalen Funkausstellung 1977 in Berlin ARD und ZDF gemeinsam mit dem Institut für Rundfunktechnik (IRT) die Möglichkeiten von VIDEOTEXT. Während Mitarbeiter von ARD und ZDF für die redaktionelle Seite der Vorführungen verantwortlich waren, hatte das IRT die notwendigen technischen Voraussetzungen für die Demonstration von VIDEOTEXT geschaffen und bei der Gestaltung des Ausstellungsstandes mitgewirkt. Zahlreiche aufgestellte Fernsehempfangsgeräte mit VIDEOTEXT-Zusatz boten den Besuchern Gelegenheit, VIDEOTEXT kennenzulernen und die Geräte über die VIDEOTEXT-Fernbedienungen selbst zu bedienen. Neben der Anwahl normaler VIDEOTEXT-Tafeln (**Bild 1**) bestand auch die Möglichkeit, Untertitel zu laufenden Sendungen anzuwählen, wie sie das tägliche VIDEOTEXT-Sonderprogramm von 13.15 Uhr bis etwa 15.00 Uhr während der Ausstellungstage vorsah.



600 VT 600 ARD/ZDF Mo 29Aug 12.49/14	
BERLIN	
OST UND WEST	
GEOGRAPHIE:	
Fläche, Einwohnerzahlen.....	601
POLITIK:	
Verfassung, Verträge.....	602
SEKTORENUEBERGANGENGE:	
für Deutsche und Ausländer.....	610
SEHENSWÜRDIGKEITEN:	
in West-Berlin im VT-Bild.....	620
SEHENSWÜRDIGKEITEN:	
in Ost-Berlin im VT-Bild.....	630

Bild 1
VIDEOTEXT-Tafel

Als technisches Verfahren für VIDEOTEXT kam das englische TELETEXT-System zur Anwendung, da es in seiner Entwicklung am weitesten fortgeschritten ist und die erforderlichen Einrichtungen bereits größtenteils auf dem Markt erhältlich sind. Dies gilt besonders auch für den notwendigen Empfängerzusatz, der in Form des TIFAX-Decoders bereits weitgehend integriert als Printplatte im Europakartenformat zur Verfügung stand. Es sei jedoch auch an dieser Stelle darauf hingewiesen, daß mit der Wahl des englischen TELETEXT-Verfahrens für die Berliner Demonstration einer späteren Systemtrennung nicht vorgegriffen werden sollte.

Für die senderseitige Aufbereitung der VIDEOTEXT-Daten und ihre Einblendung in das Fernsehsignal wurde eine Anlage der Firma DIGITAL EQUIPMENT GmbH (DEC) eingesetzt, die auf der Verwendung des Prozeßrechners PDP 11/04 basiert. Die Anlage war von DEC in Zusammenarbeit mit der englischen Fernsehgesellschaft IBA konzipiert worden und wies dabei einige über die TELETEXT-Spezifikationen hinausgehenden Besonderheiten auf. Der Kernspeicher des Rechners erlaubte die Speicherung von 32k Worte (zu je 16 Bit). System-Software und die Datenspeicherungen von 9 Magazinen zu je 150 Seiten übernahm ein Wechselplattenlaufwerk mit einer Aufnahmefähigkeit von 1,2 Mill. Worte (16 Bit). Ein zweites Plattenlaufwerk stand für Kopierzwecke zur

Verfügung. Über ein mit Blattschreiber ausgerüstetes Eingabegerät mit schreibmaschinenähnlicher Tastatur konnten die einzelnen Tafeln eingeschrieben und dabei gleichzeitig auf dem Bildschirm eines Farbmonitors sichtbar gemacht werden. Neben den wiederzugebenden Zeichen werden hierbei die Magazin- und Tafelnummer, die Art der Tafel und die gewählten Steuerfunktionen für die Wiedergabe angezeigt. Zusätzlich zu dieser alphanumerischen Eingabetastatur war im IRT eine weitere Tastatur für die Eingabe der graphischen Symbole entwickelt worden, um das Erstellen von Graphiken zu erleichtern.

Für die Übertragung von Untertiteln wurde im IRT zusätzlich eine Untertitel-Anlage nach dem englischen TELETEXT-Verfahren für das Zusammenspiel mit der DEC-Anlage erstellt, um neben normalen VIDEOTEXT-Tafeln auch Untertitel zu laufenden Sendungen anzuwählen zu können. Die hierbei notwendige zeitliche Verknüpfung zwischen den Untertiteln und der zugehörigen Bildinformation wird mit Hilfe des EBU-Zeitcodes vorgenommen. Über einen Editierungsvorgang werden die Untertitel mit den Zeitcodeangaben für Beginn und Ende auf Datenkassette für den elektronischen Zugriff übertragen. Mittels Zeitcodevergleich von Programmsignal und Untertitel übernimmt ein Mikrocomputer die zeitrichtige Einblendung der Untertitel-Daten in den VIDEOTEXT-Übertragungszyklus. Das Untertitelgerät war in dem Rechnergestell der VIDEOTEXT-Anlage mit untergebracht.

Periphere Geräte wie Taktgeber, PAL-Signalgenerator, Prüfzeilengenerator und Prüfzeileneinmischgerät übernahmen die Bereitstellung eines Farbbildsignalgemisches und die Einblendung der VIDEOTEXT-Daten in die vertikalen Austastlücken dieses Signals. Neben einem Fernsehkontrolloszillograph waren zwei VIDEOTEXT-Empfänger für die video- und hochfrequente Überwachung des abgehenden Signals vorgesehen. Darüber hinaus standen während der Ausstellung noch zwei Videobandgeräte vom Typ BCN 50 für die Abspielung spezieller Demonstrationsbänder und für den täglichen Mitschnitt des VIDEOTEXT-Programms zur Verfügung.

Statt wie zunächst für Ende April vorgesehen, konnte die VIDEOTEXT-Anlage zur Übermittlung von Texttafeln durch Lieferverzögerungen seitens der Herstellerfirma erst Anfang Juni beim IRT in Betrieb genommen werden. Ab Mitte Juni hatten dann Redakteure, Graphiker und Operateure der Rundfunkanstalten erstmals Gelegenheit, die Eingabe von VIDEOTEXT-Tafeln zu proben. Die im IRT entwickelte VIDEOTEXT-Untertitel-Anlage war bereits ab Mitte Mai betriebsbereit.

Für die Demonstration während der Funkausstellung war die Abstrahlung der VIDEOTEXT-Sendungen über die Berliner Stadtsender von SFB und ZDF vereinbart. Folgende Signalführung wurde dafür vorgesehen: das am VIDEOTEXT-Stand auf der Ausstellung erzeugte Farbbildsignalgemisch mit einblendeten VIDEOTEXT-Daten wurde über Videokabel dem Schaltraum des SFB zugespielt, wo die Datenübernahme mittels zweier Datenbrücken in das Erste und Dritte Programm vorgenommen wurde. Vom SFB erfolgte gleichzeitig die Weiterleitung des FBAS-Signals mit VIDEOTEXT über ein mobiles Funkfeld zum Studio des ZDF, um dort die Daten über eine weitere Datenbrücke in das Zweite Programm einzumischen. Um insbesondere das Zusammenspiel zwischen den Schalteinrichtungen des SFB und der VIDEOTEXT-Anlage möglichst frühzeitig zu erproben,



Bild 2
VIDEOTEKST-Studio

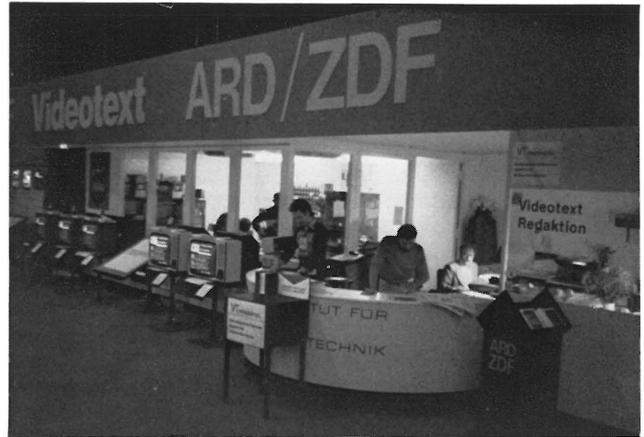


Bild 3
Ausstellungsstand mit VIDEOTEKST-Redaktion

wurde bereits Anfang August die Anlage zwischenzeitlich beim SFB installiert. Auch diese Interimsphase konnten die Redakteure für die Eingabe und Abspeicherung von VIDEOTEKST-Tafeln nutzen.

Der endgültige Aufbau der VIDEOTEKST-Anlage erfolgte dann am 22. August in Halle 9 des Ausstellungsgeländes. Die VIDEOTEKST-Sendeapparatur mit Eingabe und Kontrollmonitoren („VIDEOTEKST-Studio“, **Bild 2**) und die Arbeitsplätze der Redakteure mit Fernschreiber und Fernsprecher („VIDEOTEKST-Redaktion“, **Bild 3**) waren in zwei unmittelbar benachbarten „gläsernen“ Räumen untergebracht, um somit dem Besucher der Ausstellung den Einblick in beide Arbeitsbereiche zu gewähren. Vor diesen Räumen waren in einer „Fernsehstraße“ insgesamt 17 VIDEOTEKST-Empfangsgeräte verschiedenen Herstellerfabrikats aufgestellt, die sowohl mit dem Signal der AMK-Gemeinschaftsantennenanlage als auch über Leitungssender direkt mit Signalen aus dem VIDEOTEKST-Studio versorgt wurden. An diesen Empfängern hatten die Besucher selbst Gelegenheit, aus einem laufend erneuerten Angebot von etwa 300 VIDEOTEKST-Tafeln die jeweils gewünschte Tafel abzurufen, Unter-

titel zu laufenden Sendungen einzublenden oder auch den fortlaufend wiederholten Informationsbeitrag „Was ist VIDEOTEKST?“ anzuwählen. Darüber hinaus waren in einem Teil der Ausstellungswand drei Monitore untergebracht, die dem Besucher die Übertragung der VIDEOTEKST-Daten innerhalb ungenutzter Zeilen der vertikalen Austastlücke deutlich machen sollte. Zusätzliche Texttafeln und Faltblätter wiesen auf charakteristische Merkmale des VIDEOTEKST-Verfahrens hin.

Diese gemeinsamen VIDEOTEKST-Demonstrationen von ARD/ZDF/IRT stießen auf außergewöhnlich großes Interesse bei den Besuchern. Über die 10tägige Dauer der Ausstellung lief die gesamte VIDEOTEKST-Anlage störungsfrei. Auch die ON-LINE-Untertitelinblendung für das tägliche VIDEOTEKST-Sonderprogramm konnte trotz der räumlichen Trennung von Untertitelanlage und MAZ-Abspielung ohne Störung abgewickelt werden. Nicht unerwähnt soll schließlich die hervorragende Zusammenarbeit aller Beteiligten bleiben, die diese erfolgreiche Demonstration erst ermöglichte.

Gerhard Möll
Institut für Rundfunktechnik

HOLOGRAPHISCHE AUFZEICHNUNG VON FERNSEHINFORMATIONEN

Referat über einen Artikel im BBC Engineering Nr. 105, Januar 1977.

Mit dem folgenden zusammenfassenden Bericht möchten wir unsere Leser auf zwei interessante Veröffentlichungen zur holographischen Aufzeichnung von Bild- und Tonsignalen hinweisen.

1. Allgemeine Prinzipien und Anwendung der Holographie bei Ton- und Fernseaufzeichnung (E. W. Taylor)

Die Holographie dürfte für eine Speicherung von analogen Fernsehbildern kaum in Frage kommen, da eine direkte Aufzeichnung von analogen Fernsehsignalen hiermit nicht möglich ist. Für die Anfertigung eines Hologramms muß nämlich das aufzuzeichnende Objekt entweder als physikalischer Körper oder als transparentes Bild während einer bestimmten Zeitspanne unverändert zur Verfügung stehen. Da diese Voraussetzungen bei einem Fernsehbild nicht gegeben sind, müßten die Fernsehbilder zunächst auf Film aufgezeichnet und dann von jedem einzelnen Bild jeweils ein Hologramm angefertigt werden. Das ist aber für eine Archivierung sicherlich zu aufwendig.

Dagegen erscheint die holographische Aufzeichnung von digitalen Fernsehsignalen recht vielversprechend. Hierbei wird ein Bündel einer großen Anzahl von digital modulierten Lichtstrahlen unter verschiedenen Winkeln auf das Aufzeichnungsmedium gerichtet (**Bild 1**). Alle Strahlen kommen von der gleichen kohärenten Lichtquelle und werden durch Strahlenteilung aufgefächert. Durch schnellreagierende Lichtmodulatoren (z. B. Drehung der Polarisationssebene) wird jeder einzelne Strahl entweder durchgelassen oder gesperrt, je nach dem anliegenden digitalen Steuersignal. Zur späteren Identifizierung ist jedem Strahl eine ganz bestimmte Wertigkeit in einem digitalen Wort zugeordnet. Das resultierende Hologramm von z. B. 0,6 mm Durchmesser besteht aus einer Anzahl von einander überlagerten, gitterähn-

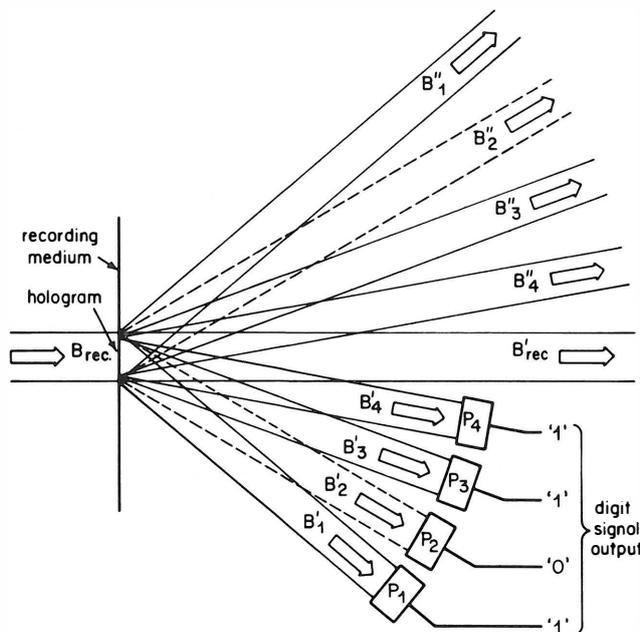


Bild 2

Wiedergabe einer digitalen holographischen Aufzeichnung

B_{rec}	Wiedergabestrahlen
B'_1, B'_2, \dots	Digitalisierte Wiedergabestrahlen
B''_1, B''_2, \dots	Symmetrische Wiedergabestrahlen
P_1, P_2, \dots	Photozellen

lichen Mustern, wobei jedes Muster einem der Strahlen entspricht, die das Aufzeichnungsmedium erreichen. Bei der Wiedergabe (**Bild 2**) wird das Hologramm durch einen Wiedergabestrahlen beleuchtet, wodurch jeweils Beugungsbilder entstehen. Mit Hilfe von Photozellen wird geprüft, ob die aufgefächerten Strahlen vorhanden sind oder fehlen.

Um die Transportgeschwindigkeit und damit auch das Volumen des Aufzeichnungsmediums in vernünftigen Grenzen zu halten, ist es bei dem großen Informationsfluß digitaler Fernsehsignale von 10^8 bit/s besonders wichtig, eine hohe Speicherkapazität zu erreichen. Geht man davon aus, daß bei einer Auflösung des Speichermediums von 1000 L/mm in einem Hologramm theoretisch bis zu 10^4 digits untergebracht werden können, so kann man in der Praxis für die Packungsdichte von Oberflächenhologrammen auf eine obere Grenze von 10^7 bit/cm² und bei einer – theoretisch möglichen – Überlagerung von mehreren Mustern in sog. räumlichen Hologrammen auf $2 \cdot 10^8$ bit/cm² kommen. Bei einer Aufzeichnung der Hologramme in nebeneinanderliegenden transversalen Spuren mit 0,6 mm Breite quer zur Fortbewegungsrichtung des Aufzeichnungsmediums (z. B. 2,5 cm breites Band) würde sich dann für die Speicherung von digitalen Fernsehsignalen in räumlichen Hologrammen eine Vorschubgeschwindigkeit von 0,5 cm/s ergeben.

Im Gegensatz zu sonstigen Aufzeichnungsverfahren hat die holographische Speicherung den Vorteil, daß die Information gleichmäßig über eine Fläche des Aufzeichnungsmediums verteilt ist, die groß im Verhältnis zu Staub und Kratzern ist. Damit können Drop-outs weitgehend vermieden werden. Neben der verbesserten

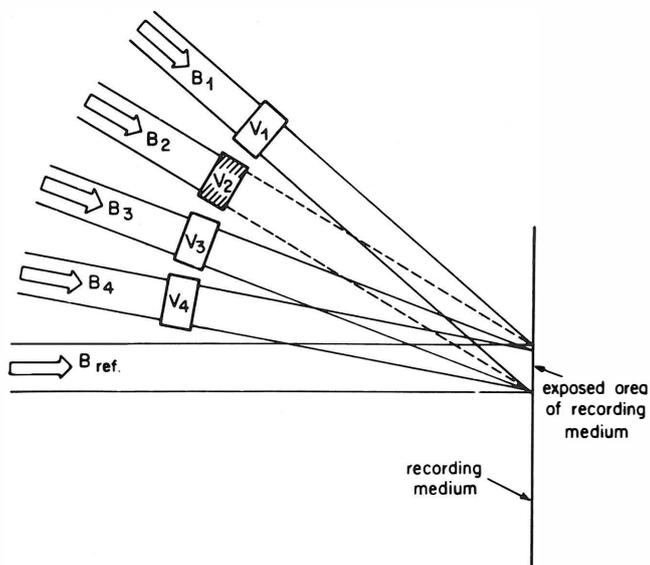


Bild 1

Herstellung einer digitalen holographischen Aufzeichnung

B_1, B_2, \dots	Digital modulierte Strahlen
B_{ref}	Referenzstrahl
V_1, V_2, \dots	Lichtmodulatoren

Störsicherheit wird durch die Anwendung der Holographie auch die erforderliche Einstellgenauigkeit zwischen Aufzeichnung und Wiedergabeeinrichtung verringert. Auf Grund der digitalen Speicherung ergibt sich zudem ein hoher Fremdspannungsabstand. Alle diese Vorteile müssen jedoch mit einer recht hohen technologischen Komplexität der optischen und elektronischen Bauteile (z. B. Strahlteilung, Strahlsteuerung, Abtastung) erkauft werden.

2. Digitale Aufzeichnung unter Verwendung von Hologrammen: Niederfrequente Mikro-Hologramme auf Film (K. Hacking)

Ein holographisches Aufzeichnungsverfahren digitaler Fernsehsignale, wie es Taylor in seinen mehr theoretischen Ausführungen behandelt, ist auf Grund fehlender optischer Bauteile zur Zeit noch nicht realisierbar. Um aber trotzdem mit der Materie Erfahrung sammeln zu können, wurde bei der BBC eine Alternative mit Mikro-Hologrammen von 30 μm Durchmesser untersucht, die auf hochauflösenden Filmmaterialien (bis 200 L/mm) mit noch ausreichender Lichtempfindlichkeit, zeilenweise aufgezeichnet wurden.

Da die Mikro-Hologramme nur eine winzige Speicherfläche einnehmen, kann man die Zahl der digital modulierten Lichtstrahlen und damit auch die technologisch komplizierten Lichtschleusen und Photosensoren sowie die Raumfrequenz stark verringern. Bei den Untersuchungen der BBC enthielten die Hologramme nur mehr ein einziges Wort mit 9 bit, und die Raumfrequenz betrug < 200 L/mm. Trotzdem kann man hiermit noch

eine Speicherdichte von 10^6 bit/cm² erreichen. Allerdings geht durch die winzigen Hologrammpunkte die Unempfindlichkeit gegenüber Kratzern und Staub verloren, so daß man gezwungen war, bei der Binärcodierung eine gewisse Redundanz einzuführen.

Mit dem erprobten Verfahren könnte ein breitbandiges Farbfernsehsignal (PCM-codiert, 8 bit/Bildpunkt) mit gleichem Verbrauch an Speichermedium aufgezeichnet werden, wie es für eine übliche Filmaufzeichnung auf 35-mm-Farbfilm erforderlich wäre. Bei der holographischen Aufzeichnung würde allerdings nur ein Schwarzweißfilm benötigt.

3. Abschätzung einer eventuellen Nutzenanwendung des beschriebenen Verfahrens für die Archivierung

Bei dem Wettlauf zwischen der digitalen magnetischen und der holographischen Aufzeichnung von Fernsehsignalen liegt die Holographie hinsichtlich der Packungsdichte zur Zeit noch um eine Zehnerpotenz in Führung. Die Anwendung der Holographie hierfür bietet darüber hinaus noch die Vorteile, daß geringere Toleranzen bei Aufzeichnung und Abtastung notwendig sind, daß die Informationsspeicherung gegenüber Kratzern und Staub unempfindlicher ist, und daß ein Kopieren mit in der Kinotechnik üblichen Verfahren möglich ist. Ob jedoch das holographische Verfahren eines Tages bei den Rundfunkanstalten für die Archivierung von Fernsehbildern eingesetzt werden kann, hängt hauptsächlich von der Weiterentwicklung komplizierter optischer Bauteile ab und läßt sich aus heutiger Sicht schwer beurteilen.

Max Rotthaler
Institut für Rundfunktechnik

BUCHBESPRECHUNGEN

Laufzeit-Dioden. Impatt- und Baritt-Dioden. Aus der Reihe: Einführung in die Nachrichtentechnik. Herausgeber: Alfons Gottwald. Verfasser: Klaus Heime. 208 Seiten, 82 Bilder, 3 Tabellen, Format 20,5 cm × 13,4 cm, Kunststoffeinband, R. Oldenbourg Verlag, München-Wien 1976, Preis ca. 36,- DM, ISBN 3-486-20301-0.

Das Buch soll Studenten und Praktiker mit der Wirkungsweise der Impatt- und Baritt-Diode bekanntmachen. Dazu werden bei der Impatt-Diode das Kleinsignal-, das Anschlag- und das Großsignalverhalten theoretisch behandelt.

Um das Großsignalverhalten möglichst anschaulich darzustellen, werden zunächst Näherungslösungen durchgerechnet und dann Ergebnisse genauerer Computerberechnungen dargestellt.

An die umfangreichen theoretischen Berechnungen schließen sich jeweils kürzere Kapitel an, in denen experimentelle Ergebnisse mit der Theorie verglichen werden.

Prinzipschaltbilder von Verstärkern und Grundzüge des Aufbaus verschiedener Diodentypen runden das Bild ab, doch wird vorausgesetzt, daß die Schaltungstechnik sowie die Technologie der Diodenfabrikation bekannt sind.

Das abschließende Kapitel behandelt kürzer die Baritt-Diode. Das Buch ist dem zu empfehlen, der eine eingehende theoretische Darstellung mit guten Literaturangaben sucht.

Eberhard Stark

Prozeßdatenverarbeitung. Von Tomas Martin. 160 Seiten, 75 Bilder, 15 Tabellen, Format DIN A 5, englische Broschur, Elitera-Verlag, Berlin 1976, Preis ca. 38,- DM, ISBN 3-87087-0907.

Das Buch Prozeßdatenverarbeitung ist kein Buch für Anfänger auf diesem Gebiet. Es setzt bereits Kenntnisse voraus. Die übersichtliche Gliederung im Umschlag macht es dem Leser leicht, schnell das für ihn wichtige Kapitel zu finden. So wird im ersten Kapitel mit möglichst genormten Begriffen auf einige Grundlagen eingegangen. Das zweite Kapitel behandelt an bestimmten Rechnern Beispiele, verzichtet jedoch nicht auf eine funktionelle Beschreibung der Hardware. Sehr gut gelungen sind die weiteren Kapitel über Software, wobei insbesondere auf die Entwicklung von problemorientierten Sprachen (PEARL) eingegangen wird. Dabei wird nicht nur die Sprache als solche beschrieben, sondern es werden auch die Betriebssystembedürfnisse behandelt. Das Problem der Portabilität von Sprachen auf verschiedene Systeme wird deutlich aufgezeigt und nicht mit theoretischer Formulierung verharmlost. Das Beispiel im letzten Kapitel über die Führung eines Kernkraftwerkes ist zwar für den Anwender aus dem Rundfunkbereich nicht direkt als Anwendungsvorbild zu sehen, es zeigt aber vorbildlich die Verwirklichung eines Hard-Softwaresystems anhand von Abbildungen.

Das vorliegende Buch wurde von einem kompetenten Fachmann (Dr. Martin ist Projektbevollmächtigter für PEARL im Projekt Prozeßlenkung mit DV-Anlagen) nicht nur für Spezialisten geschrieben.

Dietrich Sauter

Breitband-Antennen. Theorie und Anwendung. Aus der Reihe: Einführung in die Nachrichtentechnik. Herausgeber: Alfons Gottwald, Verfasser: Gérard Dubost und Siegfried Zisler. Aus dem Französischen übersetzt: S. Zisler. 345 Seiten, 223 Bilder, 4 Tabellen, Format 23,5 cm × 15,3 cm, Kunststoffeinband, R. Oldenbourg Verlag, München-Wien 1977, Preis 64,- DM, ISBN 3-486-20531-5.

Dieses Antennenbuch, von Spezialisten verfaßt, ist den Neuentwicklungen der wichtigen Kategorie der Breitbandantennen gewidmet. Die äußerste Ausnutzung vorhandener Frequenzbänder für Nachrichtenverbindungen hat seit Jahren zu einem wachsenden Bedarf an Antennen geführt. Die Verwendung von Satelliten als Relaisstationen für die Übertragung komplizierter breitbandiger Signale förderte den Entwicklungstrend zu neueren Antennentypen.

Das Charakteristische einer Breitbandantenne besteht darin, die Übertragung eines breiten Frequenzbandes, z. T. über mehrere Oktaven, unter nahezu gleichen Bedingungen vorzunehmen, d. h. Eingangswiderstand und Richtdiagramm ändern sich nicht wesentlich. Es werden Wege zur Lösung der Probleme genannter Anforderungen bei Entwurf, Konstruktion und Berechnung detaillierter Antennenprojekte gewiesen. Sie basieren hauptsächlich auf Fortschritten in der Erarbeitung von Berechnungsmethoden der letzten 10 Jahre. Weiterentwicklungen der Halbleitertechnik stellten neue aktive Elemente zur Verfügung, die direkt in die Antennenstruktur integriert werden können. Dadurch ergeben sich Möglichkeiten, Eigenschaften von Antennen wesentlich zu verbessern.

Die sachliche Gliederung des Buches vollzieht sich in 6 Kapiteln. Im ersten Kapitel werden die allgemeinen Begriffe der physikalischen Grundlagen dargestellt. Das folgende Kapitel behandelt die theoretischen Grundlagen, die zur Berechnung von Breitbandantennen notwendig sind. Die Kapitel 3 bis 5 enthalten eine Zusammenstellung der Breitbandantennenarten, wobei auf eine übersichtliche Auswertbarkeit für Fachleute besonders geachtet wurde.

Weiterhin berichten sie über neue theoretische und experimentelle Arbeiten der Universität Rennes, Frankreich, auf dem Gebiet der Breitbandantennen und teilen Entwicklungsergebnisse der Firma Thomson-CSF, Paris, mit.

Günter Potschkat

Transistor-Elektronik. Anwendung von Halbleiterbauelementen im Schaltbetrieb. 6., bearb. Auflage, von Karl-Heinz Rumpf und Manfred Pulvers, 302 Seiten, 340 Bilder, 20 Tafeln, Format 24,5 cm × 17 cm, Kunstleder-Einband, VEB-Verlag Technik, Berlin 1976 (DDR), Preis 30,- DM, Sonderpreis für DDR: 24,- M, Bestell-Nr. 551 097 9.

Die Tatsache, daß das Buch nunmehr in der 6. Auflage erschienen ist, zeigt, daß es sich bereits gut eingeführt hat. Die vorliegende Auflage ist gegenüber der vorgegangenen – 1973 erschienen – um einige Abschnitte erweitert und an anderen Stellen modernisiert worden, wobei die Gliederung grundsätzlich beibehalten blieb.

Einführend werden die Grundlagen der physikalischen Halbleiterbauelemente (Dioden, Bipolar- und Feldeffekttransistoren) behandelt. Ein Abschnitt über diskrete und integrierte Linearverstärker wurde neu aufgenommen. Die folgenden Abschnitte über die Gestaltung und Dimensionierung von Logiksystemen behandeln auch eine Reihe von älteren Logikfamilien, die keine große praktische Bedeutung mehr haben und allenfalls noch von grundsätzlichem Interesse sind. Der technisch aktuelle Stand wird in zwei neu aufgenommenen Abschnitten über TTL und MOS-Technik berücksichtigt.

Nahezu unverändert blieben die Kapitel über die Störsicherheit von Logiksystemen und über Elektronische Baugruppen (Codierschaltungen, Zähler, Speicher, Rechenwerke und Anwendungsbeispiele) sowie der Anhang über Zahlensysteme und Boolesche Algebra.

Obwohl das Werk insbesondere in den neu aufgenommenen Kapiteln eine Reihe kleiner Fehler enthält und hinsichtlich der Normen und verschiedener Ausdrucksweisen vorwiegend auf den osteuropäischen Raum zugeschnitten ist, bietet es auch dem mehr angelsächsisch orientierten Leser einen guten Überblick über die digitalen Halbleiterbauelemente und Schaltkreistechniken. Leser, die viel Wert auf äußere Formen legen, werden vergebens nach Bildnumerierungen und Bildlegenden sowie nach Numerierung der Gleichungen suchen. Das erschwert in einigen Fällen die Orientierung.

Trotz allem ist das Buch nicht zuletzt wegen seines relativ niedrigen Preises dem Labor- und Entwicklungsingenieur sowie dem Studierenden der Nachrichtentechnik an Hoch- und Fachhochschulen zu empfehlen.

Bodo Morgenstern

Questions and Answers on Colour TV. Von J. A. Reddihough und David Knight. 2. Aufl., 134 Seiten, zahlreiche Bilder, Taschenbuchformat 16,5 cm × 11 cm, gebunden, Verlag Butterworth, Kent, England 1975, Preis £ 1,15, ISBN 0 408 00162 3.

Das Büchlein ist eine populärwissenschaftliche Einführung in die Grundlagen des Farbfernsehens, stellt dabei jedoch einige Ansprüche an die Vorbildung des angesprochenen Leserkreises, da z. B. Grundkenntnisse der elektronischen Schaltungstechnik vorausgesetzt werden.

Die Kapitel tragen folgende Überschriften: Farbsignale und Übertragung, Bilderzeugung auf Farbbildröhren, Dekodierung des Farbartsignals, Konvergenz.

Zugrunde gelegt ist durchweg das PAL-Verfahren. Der dargestellte Stand der Technik ist aber meist veraltet, er entspricht im allgemeinen dem Erscheinungsjahr der ersten Auflage (1969). Man findet noch zahlreiche Röhrenschaltungen, integrierte Schaltkreise werden nur auf 2 Seiten kurz angesprochen. Viel Raum ist den Konvergenzproblemen der Delta-Lochmaskenröhre gewidmet, während In-Line-Bildröhre und Trinitron-Bildröhre zu kurz kommen.

Eberhard Stark

Electric and Magnetic Fields. Von Charles Oatley. 262 Seiten, zahlreiche Bilder und Beispiele, Format 23,5 cm × 15,5 cm, kartoniert, Verlag Cambridge University Press, 1976, Preis £ 9,75, ISBN 0 521 29076 7.

Das Buch ist geschrieben als Hochschullehrbuch für Studenten, die die Grundlagen der theoretischen Elektrotechnik als Nebenfach hören, also z. B. für Studenten des Maschinenbaus.

Die Hauptkapitel sind: Stromverteilung im homogenen, isotropen Medium; elektrostatische und magnetische Felder im Vakuum und in Materie; Lösungsmethoden für σ , ϵ , $\mu = \text{const.}$; nichtlineare Materialien (Ferromagnetika, Ferroelektrika); Energie und Kräfte in elektrischen und magnetischen Feldern; elektromagnetische Wellen.

Jedem einzelnen Kapitel merkt man an, daß der Autor über eine reiche Vorlesungserfahrung verfügt. Die notwendigen mathematischen Ableitungen sind von großer Klarheit und auf ein absolutes Minimum reduziert. Auf dem knappen Raum von 260 Seiten sind natürlich nur die Grundlinien herausgearbeitet und jeweils an wenigen, gut gewählten Beispielen erläutert. Dabei sind die SI-Einheiten verwendet.

Ob man das Buch einem deutschen Studenten empfehlen soll, der noch keine ausreichenden Kenntnisse des englischen Fachwortschatzes besitzt, erscheint fraglich. Sehr gut geeignet ist es aber für den in der Praxis tätigen Physiker oder Ingenieur, der schnell einmal auf wenigen Seiten das nachlesen will, was er vor Jahren gelernt hat.

Eberhard Stark

Using Videotape. Von Joseph F. Robinson und P. H. Beards. 208 Seiten, zahlreiche Bilder, Format 21,5 cm × 14 cm, Paperback, Verlag Focal Press, London 1976, Preis £ 2,50, ISBN 0 248 50859 9.

Es handelt sich um eine populärwissenschaftlich geschriebene, sehr ausführliche Bedienungsanleitung für den Einsatz von Video-Bandgeräten. Das Buch ist in erster Linie für professionelle Benutzer konzipiert, die z. B. für den Hochschulunterricht physikalische Experimente oder Operationen in Universitätskliniken auf Band aufzeichnen und dabei optimale Ergebnisse erzielen wollen.

Es werden alle Grundlagen der Schall- und Bildaufzeichnung sowie die Mechanik der Bandgeräte beschrieben. Die wichtigsten Bildfehler und Möglichkeiten zu deren Beseitigung werden aufgezeigt.

Trotz des guten Gesamteindrucks ergeben sich für den deutschen Leser u. U. größere Verständnisschwierigkeiten, so daß das Buch nur mit entsprechendem Vorbehalt zu empfehlen ist. Ungeachtet der populärwissenschaftlichen Darstellung ist die Kenntnis des nötigen englischen Fachwortschatzes Voraussetzung für die Lektüre. Verwirrend sind auch die englischen Normen. Das fängt bei der Angabe der Banddicke in Zollbruchteilen an und geht bis zur Darstellung eines Bildsignals mit positiv moduliertem Bildträger.

Eberhard Stark

Praktischer Entwurf von Wellenparameterfiltern. Von Horst Rühl und Hoang-Ha Nguyen. 190 Seiten, Format 21 cm × 14,7 cm, broschiert, Dr. Alfred Hüthig Verlag, Heidelberg 1977, Preis 26,80 DM, ISBN 3-7785-0438-X.

Wellenparameterfilter setzen sich aus Grund- und M-Gliedern zusammen, die durch Kettenschaltung so aneinander gereiht werden, daß sie einen vorgegebenen Dämpfungsverlauf ergeben. Beim Entwurf derartiger Schaltungen mußte man bisher punktweise die Addition der Einzeldämpfungen der Teilmglieder vornehmen und durch Probieren die gewünschte Dämpfungskurve approximieren.

Mit dem vorliegenden Katalog werden diese Schwierigkeiten umgangen, indem die für einen Entwurf wesentlichen Daten in Tabellen zusammengestellt sind. Dabei werden alle denkbaren Filterkombinationen bis zu 3 Grundgliedern mit bis zu 2 M-Gliedern erfaßt, und zwar jeweils für ungeebene und geebnete Filter. Die Handhabung ist durch Beispiele erläutert und ermöglicht eine rasche optimale Dimensionierung.

Wünschenswert wäre noch eine Aussage über Phasen- bzw. Gruppenlaufzeitbeziehungen gewesen.

Max Aigner

New Directions in Physical Acoustics. Herausg. D. Sette. XVIII, 532 Seiten, zahlreiche Abbildungen, Format 24,8 cm × 17,3 cm, Leineneinband, North-Holland Publishing Company, Amsterdam-New York 1976, Preis 77,75 US\$ bzw. 190,00 Dfl., ISBN 0-7204-0489-4.

Dieses Buch ist eine Zusammenstellung der Vorlesungen des im Sommer 1974 stattgefundenen Kurses der Enrico-Fermi-Schule.

Während man die physikalische Akustik im weiteren Sinne als die Disziplin bezeichnen kann, die sich mit der Beschreibung aller Erscheinungen im Zusammenhang mit der Entstehung, Ausbreitung und Registrierung von Schall befaßt, ist in den Beiträgen der Begriff der Physikalischen Akustik enger gefaßt. Es werden praktisch alle Fragen der Reflexion, Ausbreitung, Interferenz und Streuung in den Medien behandelt. Die vollständige Behandlung dieser Frage führt zwangsläufig in den molekularen Bereich, was für den technischen Akustiker zu ungewohnten Formeln führt, die aber die allgemeineren sind und die gewohnten Gesetzmäßigkeiten als Sonderfälle enthalten.

Die Abschnitte, die sich mit den Methoden befassen, wie zum Beispiel der über Korrelationsfunktionen in der Molekularen Akustik sind selbstverständlich direkt übertragbar, zumal in diesem Falle die Technische Akustik mit dem großen Gebiet der Strömungsakustik kaum noch von der Physikalischen Akustik abzugrenzen ist.

Einen interessanten Berührungspunkt zwischen der Theorie der elektromagnetischen Wellen und der Kompressionswellen zeigt der Abschnitt über Lichtstreuung in einem homogenen transparenten Medium.

Andere Beiträge, die sich mit den molekularen Wechselwirkungen in Festkörpern oder Phononenreflexionen befassen, sind für Anwendungen im Bereich hörbarer Frequenzen kaum auswertbar.

Das Buch ist eine sehr anspruchsvolle Darstellung des aktuellen Wissensstandes in einem großen Bereich der Physikalischen Akustik. Es wird nur wenige Leser geben, die sich die Mühe machen werden, das Buch lückenlos durchzuarbeiten; denn mit einfachem Lesen ist der Inhalt nicht zu erfassen. Zum Verständnis bestimmter Erscheinungen kann dieses grundlegende Buch sehr wertvolle Beiträge liefern.

Horst Wollherr

Picture Processing and Digital Filtering. Aus der Reihe Topics in Applied Physics, Band 6. Hrsg. T. S. Huang. XIII, 289 Seiten, 113 Bilder, Format 23,5 cm x 16 cm, gebunden, Springer-Verlag, Berlin - Heidelberg - New York 1975, Preis 79,80 DM bzw. 32,80 US\$, ISBN 3-540-07202-0.

Aufgabe der Bildverarbeitung ist im weitesten Sinne die Verarbeitung mehrdimensionaler Informationen elektromagnetischen, optischen, akustischen oder thermischen Ursprungs. So vielfältig die Ziele der Bildverarbeitung sein können - als Beispiele seien genannt: Verbesserung der Bildqualität von Satellitenfotos, wirt-

schaftliche Speicherung von Bildern, Extraktion bestimmter Merkmale, Mustererkennung und Computergrafik - so breit ist das Spektrum der angewandten Verfahren. Im wesentlichen haben sich digitale Methoden durchgesetzt.

Das vorliegende Buch behandelt in 6 Beiträgen von 8 Autoren eine Auswahl der wichtigsten Problemstellungen der digitalen Verarbeitung von zweidimensionalen Informationen - hier speziell von Bildern.

Zunächst wird der Leser in die Theorie der zweidimensionalen Transformation eingeführt. Fundamentale Kenntnisse der Matrizenalgebra ermöglichen hier einen guten Einstieg in die Materie.

Die digitale Filterung ist Thema der beiden folgenden Beiträge. Zunächst werden die mathematischen Grundlagen wie z- und Fourier-Transformation, Approximationstheorie und lineare Programmierung kurz umrissen. Aus dem Bereich der nichtrekursiven Filterung werden 4 Algorithmen vorgestellt. Zum Problembereich rekursive Filterung seien als Stichworte genannt: Stabilitätskriterien, Entwurfsverfahren und Anwendung rekursiver Filter.

Die hervorragende Qualität der Bilder vom Mond oder vom Mars, die bei vergangenen Weltraumexperimenten immer wieder begeistert hat, war nur mittels Verfahren der digitalen Bildaufbereitung möglich. Eine Reihe dieser Methoden wird in einem weiteren Kapitel behandelt.

Das Buch schließt mit einem Beitrag zum Einfluß der verschiedenen Arten von Störungen aus der Prozeßhardware auf die Bildverarbeitung.

Das Werk besitzt hohes wissenschaftliches Niveau und ist allen Ingenieuren und Informatikern, die auf dem Sektor digitale Bildverarbeitung tätig sind, sehr zu empfehlen. Studierende dieser Fachrichtungen sollten das entsprechende mathematische Grundwissen mitbringen.

Bodo Morgenstern

ANKÜNDIGUNG VON VERANSTALTUNGEN

6. Jahrestagung der Fernseh- und Kinotechnischen Gesellschaft

Die 6. Jahrestagung der Fernseh- und Kinotechnischen Gesellschaft (FKTG) findet vom 26. bis 29. September 1978 in Trier statt.

20. Festival International du Son

Das 20. Festival International du Son (Intern. HiFi-Fachausstellung) wird vom 6. bis 12. April 1978 in Paris, Kongreßpalast (CIP) an der Porte Maillot abgehalten.

NACHRICHTEN

RUNDFUNKVERSORGUNG IN DER BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

Ultrakurzwellensender

Inbetriebnahme

Bayerischer Rundfunk

Der BR hat am 15. Juli 1977 am Standort „Hoher Bogen“ Burgstall einen weiteren UKW-Sender in Betrieb

genommen. Der Sender strahlt im Kanal 26/94,7 MHz in Richtung 230 Grad mit einer Leistung von 50 kW/ERP das 3. Hörfunkprogramm einschließlich der Stereosendungen aus und benutzt die Verkehrsfunk-Bereichskennung *D*.

Änderungen

Von den Rundfunkanstalten wurden an folgenden UKW-Sendern Änderungen vorgenommen (die geänderten Werte sind **halbfett** gedruckt):

Station	Pro-gramm	Kanal	Fre- quenz MHz	Leistg. ERP kW	Pol.	Azimut Grad	Tag der Änderung
Bayerischer Rundfunk							
München- Isma- ning II	2 S	5	88,4	25	H	205	05. 07. 77
München- Isma- ning II	2 G	10	89,95	25	H	205	05. 07. 77
München- Isma- ning I	1 S	14	91,3	25	H	205	05. 07. 77
Hoher Bogen II	2 S	15	91,6	50	H	230	15. 07. 77
Hoher Bogen I	1 S	33	96,8	50	H	230	15. 07. 77
München- Isma- ning III	3	34	97,3	25	H	205	05. 07. 77

Norddeutscher Rundfunk

Lübeck III	3 S	3	88,0	0,1	H	ND	01. 09. 77
------------	-----	---	------	-----	---	----	------------

Westdeutscher Rundfunk

Nordhelle I	1	11	90,3	25	H	ND	18. 05. 77
Bonn III	3 S	15	92,8	5	H	ND	03. 06. 77
Nord- helle II	2 S	22	93,5	25	H	ND	18. 05. 77
Nord- helle III	3 S	37	98,1	25	H	ND	18. 05. 77

FERNSEHSENDER**Inbetriebnahmen**

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

Station	Kanal	Offset	Leistg. ERP W	Pol.	Azimut Grad	Tag der Inbetrieb- nahme
---------	-------	--------	---------------------	------	----------------	--------------------------------

Hessischer Rundfunk

Bensheim- Auerbach	52	2M	10	H	205	08. 08. 77
-----------------------	----	----	----	---	-----	------------

Norddeutscher Rundfunk

Volprie- hausen	12	2P	2	H	10	17. 08. 77
--------------------	----	----	---	---	----	------------

Station	Kanal	Offset	Leistg. ERP W	Pol.	Azimut Grad	Tag der Inbetrieb- nahme
Westdeutscher Rundfunk						
Meinerz- hagen	49	8P	15	H	95	16. 05. 77
Kirch- hudem- Hofolpe	45	8P	20	H	ND	27. 06. 77
Winterborn	52	2M	38	H	100	28. 10. 74

Änderungen

Von den Rundfunkanstalten wurden an folgenden Füllsendern für das I. Fernsehprogramm Änderungen vorgenommen (die geänderten Werte sind **halbfett** gedruckt):

Station	Kanal	Offset	Leistg. ERP W	Pol.	Azimut Grad	Tag der Änderung
---------	-------	--------	---------------------	------	----------------	---------------------

Bayerischer Rundfunk

Kastl	5	0	1	H	10	09. 07. 77
Kulmbach	10	2P	50	H	ND	17. 02. 77

Westdeutscher Rundfunk

Letmathe I	45	10P	190	H	110	14. 06. 77
Nieder- seßmar	5	1P	2,5	VH	60; 295	01. 10. 76
Pletten- berg I	7	0	0,8	HV	52; 170;	20. 07. 77
Werdohl I	5	0	4	H	40	05. 01. 76
Wingens- hausen	10	0	1,6	H	80	05. 01. 76

Außerbetriebnahmen**Westdeutscher Rundfunk**

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

Station	Kanal	Offset	Leistg. ERP W	Pol.	Azimut Grad	Tag der Still- legung
Kirch- hudem	11	0	0,4	V	200	27. 06. 77
Volkring- hausen	11	8P	0,1	V	250	16. 07. 76

Herausgeber: Institut für Rundfunktechnik GmbH, München.

ISSN 0035-9890

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

Redaktion: Dipl.-Ing. G. Högel, H. Stiebner, Floriansmühlstraße 60, 8000 München 45, Ruf (089) 38 59 383, Fernschreiber 5/215 605 irtm. d.

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

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

Gesamtherstellung: Mensing & Co., Schützenwall 9—11, 2000 Norderstedt, Ruf (040) 5 25 20 11. Einzelhefte werden nach Umfang berechnet und über den Buchhandel ausgeliefert. Auslieferungsdatum 9. 11. 1977. Einzelpreis dieses Heftes 22,70 DM.