

RUNDFUNK- TECHNISCHE MITTEILUNGEN

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

INSTITUT FÜR
RUNDFUNKTECHNIK GMBH

AUS DEM INHALT:

- | | |
|---------------------------------------|--|
| <i>J. Treeby Dickinson</i> | 25 Jahre Eurovision – Entstehung und Entwicklung |
| <i>Filippus Leon Stok</i> | Ein Farbkamerasystem der 2. Generation für Elektronische Berichterstattung (EB) |
| <i>Ad Franken</i> | 18-mm-Plumbiconröhren mit verbesserter Leistung |
| <i>Helmut Bachmann</i> | Filmtechnische Einrichtungen im neuen Kopierwerk des Hessischen Rundfunks |
| <i>Günter Potschkat</i> | Modelltechnische Untersuchung der elektrischen und der magnetischen Feldstärke im Nah- und Fernfeld von Vertikalantennen |
| <i>Christoph Dosch</i> | Satellitenrundfunk – Auswertung der im Jahre 1978 mit Hilfe des Satelliten SIRIO durchgeführten Ausbreitungsmessungen |
| <i>Herbert Fix und
Peter Wolf</i> | Die 31. Jahrestagung der Technischen Kommission der UER |
| <i>Horst Jakubowski u. a.</i> | 62. Tagung der Audio Engineering Society |
| <i>Gerhard Möll</i> | NTG-Fachtagung „Höchstintegrierte Schaltungen“ –
Technologie, Schaltungstechnik, Systeme, Anwendungen |
| | Ankündigung von Veranstaltungen – Buchbesprechungen – Nachrichten |

SIEMENS

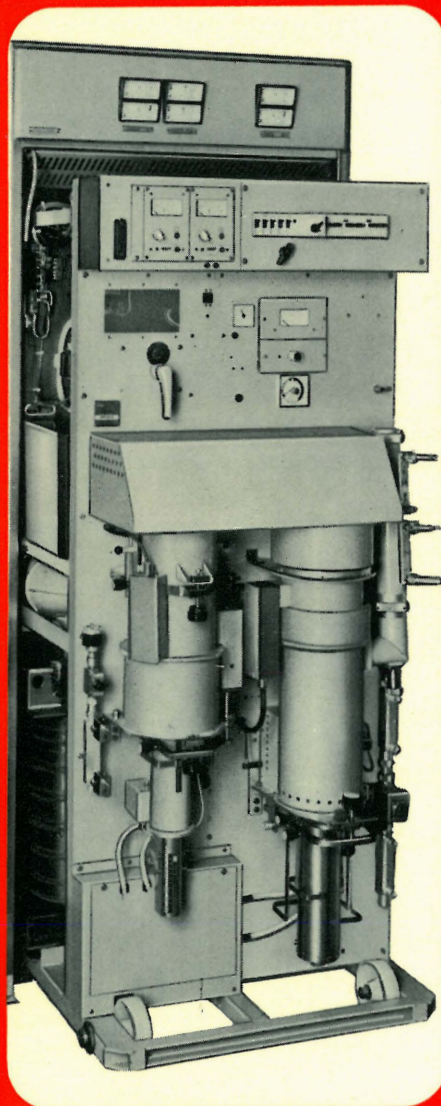
Ein Konzept für UHF und VHF: »Sender aus dem Baukasten«

Wo immer in der Welt von neuen TV-Sendern gesprochen wird, ist auch der Name Siemens im Gespräch: Schon mehr als 500 Siemens-Fernsehsender stehen in allen Klimazonen, als Einzelsender oder ganze Netze geplant, gebaut und servicebetreut aus einer Hand – von Siemens.

Nun ist die Realisierung von TV-Senderprojekten durch Siemens noch einfacher, noch schneller geworden: Ein einheitliches Aufbaukonzept für VHF- und UHF-Tetrodensender aus standardisierten Großmodulen

- verkürzt die Installationszeit
- rationalisiert die Lagerhaltung von Ersatzteilen und Funktionsbausteinen
- erleichtert und beschleunigt Service und Schulung.

Den aktuellen Stand der Siemens-TV-Sendertechnik dokumentiert ein 10/1 kW-UHF-Sender, dessen Leistung durch neuentwickelte UHF-Hochleistungstetroden mit Siedekondensationskühlung auf 20 kW verdoppelt werden konnte. Weitere Merkmale sind: netzausfallsichere Störungsregistrierung mit 49 Speicherplätzen, absolute Tropensicherheit durch ausschließliche Verwendung von Silizium-Halbleitern, wahlweise passive oder aktive Reserveschaltung, schneller Kanalwechsel (wichtig für Container-einsatz), unbemannter Betrieb.



20-kW-UHF-Tetrode RS 1034 SK
mit Siedekondensationskühlung

Vom Studio bis zur Antenne, vom Einzelsender bis zum TV-Landesnetz – Siemens bietet die komplette Leistung.

Ausführliche Informationen erhalten Sie von der Siemens AG, ZVW 104, Postfach 103, D-8000 München, Stichwort »Fernsehsender«.

20/2-kW-UHF-Tetrodensender,
Bild-Leistungsverstärkereinheit
einschließlich Stromversorgung

Vom Studio bis zur Antenne aus einer Hand: Fernsehsender von Siemens

INHALTSVERZEICHNIS:

25 Jahre Eurovision — Entstehung und Entwicklung	101	Satellitenrundfunk — Auswertung der im Jahre 1978 mit Hilfe des Satelliten SIRIO durchgeführten Ausbreitungsmessungen	135
J. Treeby Dickinson		Christoph Dosch	
Ein Farbkamerasystem der 2. Generation für Elektronische Berichterstattung (EB)	107	Die 31. Jahrestagung der Technischen Kommission der UER	144
Filippus Leon Stok		Herbert Fix und Peter Wolf	
18-mm-Plumbiconröhren mit verbesserter Leistung	113	62. Tagung der Audio Engineering Society	148
Ad Franken		Horst Jakubowski u. a.	
Filmtechnische Einrichtungen im neuen Kopierwerk des Hessischen Rundfunks	118	NTG-Fachtagung „Höchstintegrierte Schaltungen“ — Technologie, Schaltungstechnik, Systeme, Anwendungen	151
Helmut Bachmann		Gerhard Möll	
Modelltechnische Untersuchung der elektrischen und der magnetischen Feldstärke im Nah- und Fernfeld von Vertikalantennen	123	Ankündigung von Veranstaltungen	154
Günter Potschkat		Buchbesprechungen	154
		Nachrichten	155

25 JAHRE EUROVISION — ENTSTEHUNG UND ENTWICKLUNG¹

VON J. TREEBY DICKINSON²

Manuskript eingegangen am 3. Mai 1979

Eurovision

Zusammenfassung

In dieser kurzen historischen Beschreibung erinnert der Autor an eine Reihe mehr oder weniger getrennter Entwicklungsphasen, die man heute als kennzeichnend für den Werdegang der Eurovision in den letzten 25 Jahren ansehen kann, und er erwähnt einige bedeutsame Ereignisse auf technischem Gebiet, die für diese Entwicklungsphasen typisch waren. Es folgt Grundsätzliches über einige der technologischen Entwicklungen, genauer gesagt über jene, die eigentlich zur Einführung der Eurovision im Jahre 1954 geführt haben, und über jene, die während der Entwicklungsjahre durchgeführt wurden und so den Grundstock zur Organisation der Eurovision gelegt haben, wie man sie heute kennt. Er sieht eine Zukunft voraus, in der die Automatisierung eine immer wichtigere Rolle spielen wird.

Summary Birth and growth of Eurovision

In this brief historical account, the author suggests a number of more or less distinct phases, which can now be seen to have characterised the evolution of Eurovision over the past twenty-five years, and mentions some significant events in the technical domain, typical of those phases. There follows outlines of some of the technological developments, more particularly of those that in effect led up to the inauguration of Eurovision in 1954 and those that were implemented in what may be considered its formative years and thus laid the foundations of the organisation of Eurovision as it is known today. He foresees a future in which automation will place an ever more important part.

Sommaire Naissance et croissance de l'Eurovision

Dans cet historique rapide, l'auteur s'efforce de définir un certain nombre de phases plus ou moins distinctes qui, avec le recul du temps, semblent avoir caractérisé l'évolution de l'Eurovision pendant les vingt-cinq années écoulées, et il mentionne certains événements techniques distinctifs de ces phases. Il décrit ensuite certaines innovations techniques et notamment celles qui ont conduit à l'inauguration de l'Eurovision en 1954, puis d'autres introduites durant la phase de consolidation qui a abouti à l'organisation actuelle. En conclusion, l'article envisage un avenir où l'automatisation jouerait un rôle toujours plus important.

Die Geschichte der Eurovision ist die Geschichte der langsamen Entwicklung eines komplexen Gebildes, das sich immer wieder wechselnden Verhältnissen, Zwängen und Möglichkeiten anpassen mußte.

In erster Näherung umfaßt diese Entwicklung folgende, notwendigerweise ziemlich schlecht begrenzte Abschnitte:

1950 bis 1953: Planung

Aufkommendes Interesse an den Möglichkeiten internationaler Fernsehübertragungen
Erfahrungssammlung mit beschränktem Betrieb.

1954 bis 1956: Versuch

Probetrieb
Langsame Zunahme von ad hoc geplanten und in Lille überwachten Übertragungen.

¹ Dieser Aufsatz erscheint zugleich in Engl./Franz. in der E.B.U. Rev. Tech./Rev. de l'U.E.R. Tech. Nr. 175 (Juni 1979).

This article is published simultaneously in English in the E.B.U. Rev. Tech. No. 175 (June 1979).

Cet article est publié simultanément en français dans la Rev. de l'U.E.R. Tech. N° 175 (Juin 1979).

Der englische Originaltext ist von Rolf Hengstler, IRT München, ins Deutsche übersetzt worden.

² J. Treeby Dickinson war von 1950 bis 1972 Chefingenieur in der Technischen Zentrale der UER, Brüssel.

1956 bis 1962: **Aufbau**

Planung und Kontrolle der Übertragungen in
Brüssel
Verdoppelung des Nachrichtenverkehrs.

1962 bis 1968: **Konsolidierung**

Inbetriebnahme des festen Tonleitungsnetzes
Täglich neue Vermittlungen
Anlagen für Farbübertragungen im Bildleitungs-
netz
Erste internationale Übertragungen über
Satelliten.

1968 bis 1974: **Erweiterung**

Inbetriebnahme des festen Bildleitungsnetzes
Fernschaltung des Netzes von Brüssel aus
Verdoppelung des Übertragungsverkehrs.

1974 bis 1979: **Reifezeit (jedoch kein Stillstand)**

Integration der Tonsignale im Videosignal
Festes Tonprogrammnetz wird durch ein festes
Programmkoordinierungsnetz ersetzt
Einweihung des neuen europäischen Kontroll-
zentrums in Brüssel.

Eine Liste von Daten ist wie ein Skelett, das sicher sehr nützlich ist, um einen Überblick über die Struktur eines Organismus zu vermitteln, das aber selbst bei geschickter Beschreibung keinen realistischen Eindruck davon geben kann, wie der Organismus wirklich ist. Deshalb wird hier der Versuch gemacht, das Gerippe mit etwas Fleisch zu versehen, einige Organe kurz zu beschreiben und aus der Sicht des Ingenieurs die Entwicklung der „Eurovision“ vom Anfang bis heute aufzuzeigen. Zusammen mit dem technologischen Fortschritt hat sich natürlich die Technik der Programmproduktion und -wiedergabe entsprechend weiterentwickelt, und das Eurovisionsprogramm und die Ingenieurtechnik drängen allmählich in viele Gebiete ein. Ein Beispiel dafür ist die Einführung einheitlicher Kommentatoreinheiten, um ausländischen Kommentatoren ihre Aufgabe zu erleichtern.

Es sollte berücksichtigt werden, daß nicht alle Mitglieder zur selben Zeit den gleichen Entwicklungsstand erreicht hatten und der Aufbau des Fernseh-Programmaustausches zwischen den Rundfunkorganisationen innerhalb der Europäischen Rundfunkunion daher nicht parallel verlief. In der Tat war es diese Ungleichheit – oder vielmehr diese Ungleichheiten, weil sie bei fast jedem Aspekt des Problems vorkamen –, die die Aufgabe so komplex machte für die sog. ad hoc-Gruppen, die für das Anfangsprojekt verantwortlich waren. Die Aufgabe bestand darin, einen lebensfähigen Entwurf vorzubereiten, der sofort von vielfältig tätigen Organisationen übernommen werden konnte, die viel oder wenig Betriebserfahrung mit dem Fernsehen hatten, die über genügend oder beschränkte finanzielle Mittel verfügten, die verschiedene technische Standards, ungleiche – oft inkompatible – technische Ausrüstung und natürlich unterschiedliche Sprachen hatten. Der tatsächliche Erfolg kann nicht ausschließlich dem Engagement der Mitglieder der Gruppe zugeschrieben werden, sondern auch der Tatsache, daß die UER keine umständlich regierte Körperschaft ist und des-

halb die Entscheidungen ihrer Tagungen, wenn erforderlich, sofort in Kraft treten können. Voraussetzung dafür ist, daß die Angelegenheit Gegenstand der Tagesordnung ist und keine Auswirkungen auf Nichtmitglieder hat.

Ganz am Anfang schienen die nationalen Verwaltungen die Aktivitäten der UER auf dem Gebiet der internationalen Übertragungen mit gewisser Besorgnis zu beobachten. Diese wurde jedoch allmählich zerstreut, als Spezialisten der Fernmeldeverwaltungen zur Mitarbeit in UER-Arbeitsgruppen eingeladen wurden. Heute wird die gegenseitige Konsultation als normal angesehen und die UER von den europäischen Fernmeldeverwaltungen als Repräsentant des westeuropäischen Rundfunks betrachtet, insbesondere als Experte für Angelegenheiten der Fernseh-Berichterstattung von großen Ereignissen auf internationaler Ebene. In diesem Zusammenhang kann die Einfügung des technischen Prinzips der UER in die Empfehlungen des CCITT erwähnt werden, nämlich die zentrale technische Kontrolle der komplexeren internationalen Fernsehübertragungen durch die Rundfunkorganisationen selbst. Die Meinungen scheinen geteilt darüber zu sein, wie es zur Einführung internationaler Fernsehübertragungen kam, die später als Eurovision allgemein bekannt wurden. Manche glauben, daß die Programmdirektoren entweder ein öffentliches Interesse für Live-Fernsehversorgung von Ereignissen in anderen Ländern verspürten (analog zur jahrelangen Rundfunkversorgung) oder daß sie, was vielleicht wahrscheinlicher ist, bereits in den frühen 50er Jahren erkannten, daß es durch die steigenden Fernseh-Produktionskosten sehr bald attraktiv werden würde, Programme zwischen verschiedenen Fernsehanstalten aufzuteilen. Andere schreiben die Initiative den Ingenieuren zu, die die neuesten technologischen Fortschritte ausnutzen wollten. Es interessiert jedoch wenig, wer den ersten Schritt getan hat: Das Ergebnis war der Beginn der Zusammenarbeit einer Gruppe von Spezialisten, die das ganze Gebiet des Fernsehrundfunks in den verschiedenen betroffenen Ländern kannten, zunächst um die sehr zahlreichen Probleme zu erkennen und danach zu lösen, und um dann auf dieser Grundlage die ganzen Verfahren zu bestimmen, die unvermeidlich technische, traditionelle und nationale Grenzen überschreiten.

Schließlich wurde die **European Television Community** (Europäische Fernsehgemeinschaft) gegründet, die mit den im Juni 1954 gesendeten Programmen erstmals an die Öffentlichkeit trat. Die begeisterte Reaktion der Zuschauer – und der Presse – auf diese Programme übertraf die Erwartungen aller Beteiligten. Es sollte natürlich nicht vergessen werden, daß die Begeisterung, der Weitblick und der „esprit de corps“ all jener, die direkt an dem Vorhaben beteiligt waren, keinen Erfolg gehabt hätten, wäre ihnen nicht durch die leitenden Gremien der betroffenen Rundfunkorganisationen und die Anerkennung durch die Fernmeldeverwaltungen freie Hand gelassen worden. Die „carte blanche“ berechnete dieses neue Unternehmen zu einer gewissen Flexibilität bei der Anwendung seiner langfristig festgelegten Bestimmungen. Dieses Beispiel für internationale Zu-

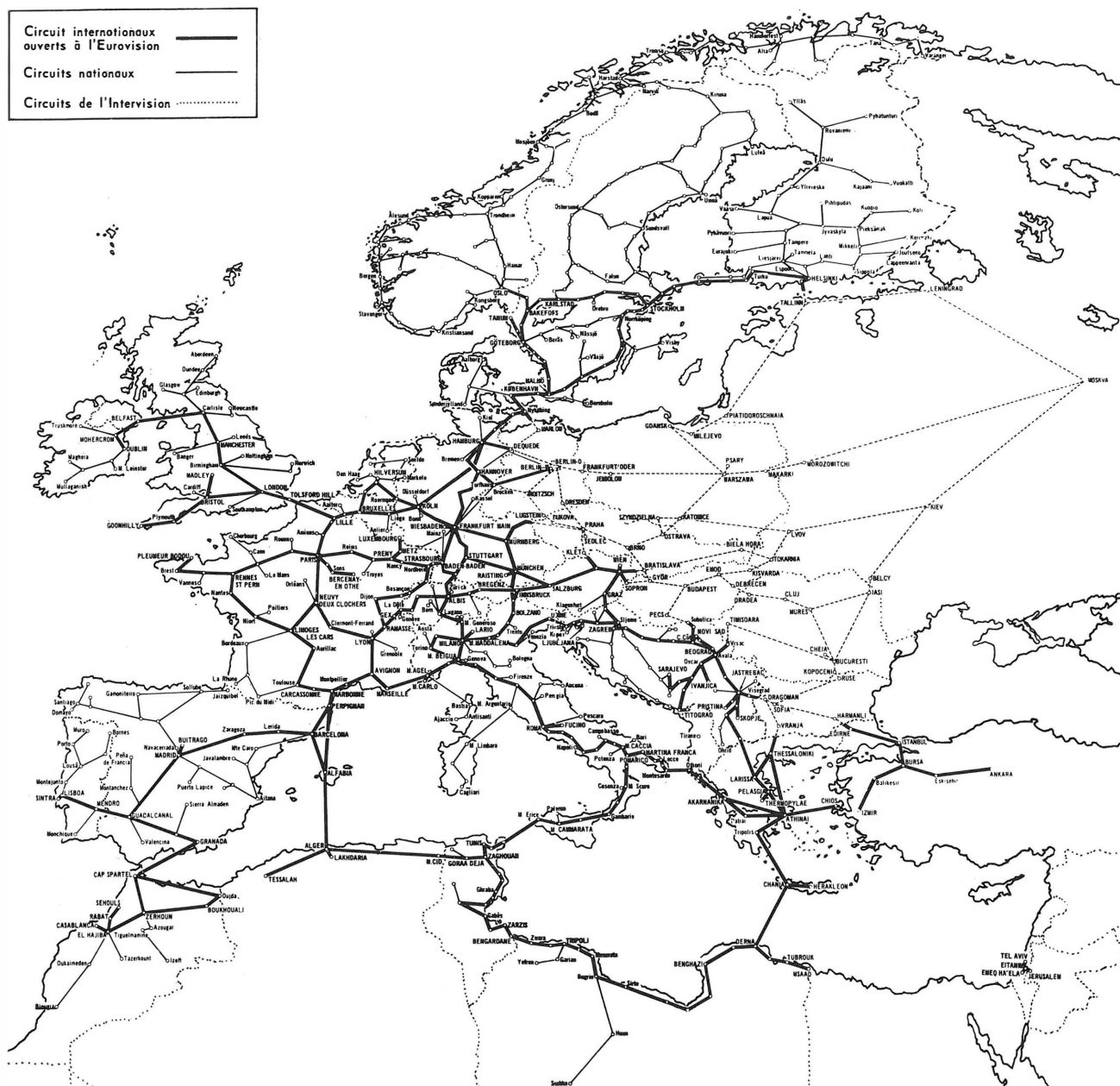


Bild 1

Das ständige Eurovisionsnetz im Jahre 1979

sammenarbeit wird auf anderen Gebieten bedauerlicherweise zu wenig befolgt.

Das zufällige Zusammentreffen mehrerer glücklicher Umstände in den frühen 50er Jahren hat zweifellos auch zum Erfolg des Unternehmens beigetragen: Die Länder Westeuropas erholten sich von den Auswirkungen des Krieges, ein Bewußtsein für Europa als Einheit wurde spürbar, neue technologische Entwicklungen wurden im Fernsehen durchgeführt und, was von großer Bedeutung war, der Fernsehapparat wurde (zum Vorteil der Finanzlage der Rundfunkanstalten) vom Luxusgegenstand zum täglichen Gebrauchsgut. Durch diese günstigen Vorzeichen gewann die Eurovision in ihren ersten Jahren genügend Schwung, um sich durchzusetzen, freilich mit ständig zahlreicher und umfangreicher werdenden Aufgaben in weniger vorteilhaften Zeiten.

Aus einem Vierteljahrhundert Abstand gesehen fällt es schwer zu glauben, daß die UER am Anfang daran gehindert wurde, an der Planung der Eurovision teilzuhaben. In den ursprünglichen Satzungen der UER wurde die Organisation der Programme ausdrücklich aus den Aktivitäten der Union ausgeschlossen. Bereits 1950 wurde jedoch von einer Gruppe französischer und britischer Ingenieure ein Fernsehprogramm in Calais gestaltet und in Großbritannien gesendet. Diese inoffizielle Gruppe wurde später bei zwei Gelegenheiten wieder tätig, einmal um im Jahre 1952 ein Wochenprogramm ins Leben zu rufen, an dem sich die französischen und britischen Fernsehgesellschaften beteiligten, zum anderen um im Juli 1952 die europäische Fernsehübertragung der Krönung von Königin Elisabeth II. von England zu planen und zu leiten. Diese Übertragung, die in Frank-

reich, den Niederlanden und in der Bundesrepublik gesehen werden konnte, kann gewissermaßen als Vorläufer der Eurovision angesehen werden. So wie diese Übertragung das Interesse der Presse und der Öffentlichkeit auf sich zog, wo immer sie gesehen wurde, zerstreute sie unbestritten alle noch vorhandenen Zweifel bezüglich der Lebensfähigkeit des Projektes.

Beruhigt und ermutigt durch den Erfolg der Krönungsübertragung, wandten sich die Fernsehgesellschaften mit neuem Enthusiasmus der Aufgabe zu, ein allgemeines Schema für internationale Live-Fernsehübertragungen in Europa zu entwickeln. Es war selbstverständlich, daß die Aufgabe der gleichen Spezialistengruppe übertragen wurde, obgleich diese keinen offiziellen Titel und Status, keine offiziellen Bestimmungen und keine organisierte Mitgliedschaft und auch kein Sekretariat hatte. Die Gruppe lud lediglich Spezialisten weiterer Länder zur Teilnahme ein und begann mit der Arbeit. Ungefähr zu dieser Zeit wurden die Satzungen der UER dahingehend geändert, daß sie Betätigungen auf dem Programmgebiet zuließen. Bald darauf war die Gruppe in die Aktivitäten des Technischen und des Programm-Komitees der UER im Rahmen von spezialisierten Arbeitsgruppen integriert, die in abgewandelter Form bis heute tätig sind.

Die einzige Lösung, die in kurzer Zeit durchgeführt werden konnte, um die Übertragung von Fernsehsignalen zwischen den teilnehmenden Mitgliedern zu ermöglichen, war die Errichtung von Relaisstationen, welche die am nächsten liegenden Stellen der nationalen Netze mit den Nachbarländern verbanden. Diese einfache Lösung hatte jedoch einen schwerwiegenden Nachteil: Grundbedingung der Programmverwaltung war und ist es, daß ein von einem UER-Mitglied kommendes Programm allen anderen teilnehmenden Mitgliedern angeboten wird, die es dann übernehmen können oder nicht. Es ist klar, daß ein durch die zeitweise Verbindung nationaler Netze entstehendes internationales Netz es mit sich bringt, daß ein Mitglied, das zwischen einem aussendenden und einem empfangenden Land liegt, entweder das durch sein Gebiet gehende Programm senden muß oder sein eigenes Programm für diese Zeit unterbrechen muß. Diese unbefriedigende Situation bestand bis zur Einrichtung unabhängiger Fernseh-Leitungsverbindungen durch alle Länder mit Ausnahme der Randländer.

Die Arbeitsgruppen stellten zu gegebener Zeit eine Reihe von Empfehlungen (Recommendations) zur Planung und Durchführung internationaler Fernsehübertragungen fertig. Einen Monat lang führten sie fast täglich verschiedenste Übertragungen durch, um die Richtigkeit der Empfehlungen unter Betriebsbedingungen zu testen. In den an diesen Versuchen teilnehmenden Ländern (Belgien, Bundesrepublik, Dänemark, Frankreich, Italien, die Niederlande, die Schweiz und das Vereinigte Königreich) wurden die Programme ausgestrahlt und von den Zuschauern sehr begrüßt. Dieser Versuchsbetrieb wurde damals als das Lille-Experiment bekannt, da in dieser Stadt ein vorübergehendes internationales Kontrollzentrum eingerichtet worden war, um die Übertragungen zu koordinieren und die Tests und Messungen durch-

zuführen, die von der technischen Arbeitsgruppe angegeben wurden. Das Lille-Experiment begann am 6. Juni 1954, und dieses Datum ist als Beginn der Eurovision anerkannt.

Der Erfolg des Experiments überzeugte die UER, für die Eurovision als laufende Verpflichtung zu sorgen, und sie entschloß sich, in Brüssel ein Koordinationszentrum zur Nutzung durch die Technische Zentrale der UER zu errichten. Dabei wurde die Ansicht vertreten, daß das Koordinationszentrum als Übergangslösung betrachtet werden sollte, weil die teilnehmenden Mitglieder nach einiger Zeit selbst in der Lage wären, ihre internationalen Übertragungen durch bi- oder multilaterale Übereinkünfte zu organisieren und durchzuführen, so daß jede zentrale Planung oder Überwachung überflüssig werden würde. Die Erfahrung zeigte ziemlich schnell, daß diese Ansicht trügerisch war: Sie hat aber die bedauerliche Konsequenz gehabt, daß die finanziellen Rücklagen für die Einrichtung und Ausstattung des Koordinationszentrums auf der Voraussetzung beruhten, daß es nach vier Jahren wieder geschlossen wird. Das Koordinationszentrum wurde am 1. Januar 1956 in Betrieb genommen und ist es heute noch, da man gesehen hat, daß die Notwendigkeit der zentralen Planung und Überwachung nicht geringer, sondern zusammen mit der geographischen Ausdehnung der Eurovisions-Tätigkeit und der spektakulären Zunahme von Übertragungen pro Jahr größer geworden ist. Hinzu kommen Probleme, die durch die Einführung neuer Techniken entstanden sind, besonders durch Farb- und Satellitenübertragungen, die beide weitere Komplikationen mit sich brachten wegen der Unterschiede in den Standards. Es war notwendig, die Verwendung des Netzes zu zentralisieren, um sich mit Übertragungen in und von Ländern Osteuropas und anderswo in der Welt zu befassen, ebenso wie natürlich mit dem laufend größer werdenden Anteil an Übertragungen von Pressenotizen, sowohl denen im mehrmals täglichen Nachrichtenaustausch als auch den einzelnen „Blitz“-Übermittlungen. Es ist schwierig sich vorzustellen, wie die Übertragung bestimmter großer Ereignisse – typisch sind die Olympischen Spiele – für UER-Mitglieder ohne eine bestehende Organisation und einen erfahrenen Mitarbeiterstab hätte koordiniert werden können.

Bereits im Jahre 1957 zeigten die Programmdirektoren Interesse an der Bereitstellung von Einrichtungen für kompliziertere Eurovisionsprogramme, wie die Zusammenschaltung mehrerer Studios. Die Ingenieure ihrerseits wollten eine rationellere Organisationsmethode der für die Übertragungen erforderlichen Leitungen und Hilfseinrichtungen erreichen. Solange die internationalen Fernsehübertragungen gering an Zahl waren und in großen Abständen stattfanden, bereitete das von den Fernmeldeverwaltungen angewandte Verfahren keine Betriebs-schwierigkeiten. Unter anderem verlangten sie von jedem Mitglied, die für jede einzelne Sendung auf sein Gebiet fallenden Leitungsabschnitte für Bild, Ton und Steuersignale lange im voraus zu bestellen und zu bezahlen, ungeachtet dessen, ob das Mitglied das fragliche Programm senden wollte. Jeder der Abschnitte mußte auch vor der Übertragung kurz getestet, dann zusammengeschaltet und als komplette

Kette nochmal getestet werden, wobei ein längerer Test durchgeführt wurde, wenn eine Normwandlung erforderlich war. Zweifellos machte es solch ein Verfahren unmöglich, Übertragungen kurzfristig anzuberaumen. Die Kosten für die Testzeiten, die wie die Übertragung selbst pro Minute berechnet wurden, waren für kurze Übertragungen wie Pressenotizen sehr hoch.

Die Bemühungen führten bald zum Konzept eines festen Eurovisionsnetzes, das jederzeit für die sofortige Nutzung durch die UER-Mitglieder zur Verfügung steht. Dieses Projekt mußte stufenweise und unter Berücksichtigung der Wirtschaftlichkeit und der Geräteeinrichtung verwirklicht werden. Dafür mußten Mitglieder in ihren Gebieten Bildübertragungsstrecken zur Verfügung stellen, die völlig unabhängig von ihren eigenen Programm- und Verteilungen waren. Am 1. Januar 1962 wurde mit der Inbetriebnahme des festen Tonleitungsnetzes die erste wichtige Phase beendet. Dies ermöglichte auch die Einführung eines regelmäßigen Nachrichtenaustausches – täglich zu einer bestimmten Zeit. Genau 6 Jahre später, 1968, wurde der erste Abschnitt eines festen Bildleitungsnetzes in Betrieb genommen, das die vielleicht wichtigste technologische Entwicklung in der Eurovision darstellt (abgesehen von den spektakulären Zunahmen beim Nachrichtenverkehr). Zusätzlich zum betrieblichen Vorteil, jederzeit einen Grundstock an Bild- und Tonleitungen verfügbar zu haben ohne die Verzögerungen, die die Zusammenschaltungen und Testzeiten bisher mit sich gebracht hatten, boten die festen Netze darüber hinaus den Vorteil einer höheren und gleichmäßigeren Übertragungsqualität, was mit Leitungen, die für jede Nutzung geschaltet und danach wieder aufgetrennt werden, fast unmöglich zu erreichen wäre.

Um die Vorteile des festen Bildleitungsnetzes wirksamer zu nutzen, wurde eine Studie über die Möglichkeiten der Zusammenschaltung der verschiedenen Abschnitte durch Fernsteuerung von der Eurovisionskontrollzentrale aus angefertigt, um damit die verschiedenen Netzkonfigurationen zu erhalten, die für die Übertragungen erforderlich sind. Es folgte jetzt eine Übertragung nach der anderen in Zeitabständen, die für die bisherigen Verfahrensweisen zu kurz waren. Im Juni 1970 wurde ein Versuchsprojekt gestartet, bei dem von Brüssel aus die Schaltvorgänge in Frankfurt am Main und in Lille ausgelöst wurden. Das System wird im Endausbau zur Speicherung der Details der Netzkonfigurationen in einem Computer und zur Übertragung der gespeicherten Daten zu den betreffenden Schaltstellen dienen, wo die erforderlichen Schaltbefehle vorgewählt und zur richtigen Zeit durch Signale aus Brüssel ausgelöst werden. Dort wird der augenblickliche Schaltzustand des Netzes oder jede der gespeicherten Konfigurationen auf einer Schautafel angezeigt.

Der nächste bedeutende technologische Fortschritt kam im Jahre 1974 mit der Einführung der Übertragung des Internationalen Tons (IT) als PCM-Signal im Synchronimpuls des Videosignals. Dieses SIS(Sound in Syncs)-System ermöglichte nicht nur den Abbau des festen Tonleitungsnetzes, an dessen Stelle ein ständiges Telefonnetz für Programmkoordinationszwecke gemietet wurde, sondern lieferte

auch Tonübertragungen mit viel besserer Qualität und Gleichmäßigkeit, während der Bedarf an separaten Tonschaltanlagen wegfiel. Gegenwärtig wird das Fernschaltsystem auf ein ganzes Netz erweitert und es wird zu gegebener Zeit vorgewählte oder sofortige Auslösung der Schaltvorgänge in Frankfurt am Main, Hamburg, Lyon, Mailand, Paris, Wien, Zagreb und Zürich von Brüssel aus erlauben.

Es ist klar, daß die ständige Funktionsfähigkeit eines internationalen Bildleitungsnetzes, das fast ununterbrochen in Betrieb ist, nur sichergestellt werden kann, wenn es möglich ist, die signifikanten Parameter schnell und genau zu messen, am besten sogar während der Übertragung von Programmsignalen. Die UER hat am Anfang der 60er Jahre die Initiative ergriffen, um ein System zur Übertragung standardisierter Testsignale in vier ungenutzten Zeilen des Fernsehsignals zu entwickeln. Diese Prüfzeilentechnik wurde im Jahre 1973 mit Erfolg im Eurovisionsnetz eingeführt, wobei die Prüfzeilensignale an geeigneten Punkten entlang der Übertragungsketten mit Oszilloskopen überwacht werden. Gleichzeitig wurde die Arbeit an der Entwicklung von Methoden und Geräten zur automatischen Messung und Aufzeichnung der Prüfzeilensignale fortgesetzt, einschließlich der Geräte zur automatischen Korrektur von Parametern, die außerhalb der Toleranz liegen. Diese Anlagen standen ab 1976 im Netz zur Verfügung.

Das Vorstehende erhebt nicht den Anspruch, eine vollständige Aufzählung aller bedeutenden Ereignisse im ersten Vierteljahrhundert der Eurovision zu sein. Es wurde bereits am Anfang dieses Aufsatzes erwähnt, daß lediglich einige Aspekte diskutiert würden, und viele, wie z. B. das internationale Fernsehen über Satelliten, wurden weggelassen, da sie von anderen Mitarbeitern betreut werden. Es muß zum Schluß noch erwähnt werden, daß die Einführung der Eurovision und ihre jahrelange Entwicklung das Ergebnis der Anstrengungen einer großen Anzahl von Mitarbeitern ist – sie alle mit Namen zu nennen, hieße eine ungeheure Aufgabe in Angriff zu nehmen, und nur einige zu nennen, wäre subjektiv und ungerecht. Schließlich sollen noch einige Zahlen als Hinweis auf die Fortschritte angegeben werden, die die Eurovision in weniger als 25 Jahren gemacht hat:

	1955	1978
Anzahl der koordinierten internationalen Fernsehübertragungen im Jahr	91	8 453
Gesamtlänge der Bildleitungen, die der Eurovision zur Verfügung stehen	9 700 km	250 000 km
Anzahl der Mitarbeiter in der Technischen Zentrale der UER, die voll der Eurovision zugeteilt sind	1,5	42

Von der Geschichte wird allgemein angenommen, daß sie sich mit der Vergangenheit und – um das „Shorter Oxford English Dictionary“ zu zitieren – nur mit Ereignissen beschäftigt, die „erklärterweise wahr“ sind. Daraus folgt, daß sich die Geschichte

eigentlich nicht mit der Zukunft befassen kann. Es wird gelehrt, daß der Prophet im eigenen Land nichts gilt – daraus folgt nicht, daß er in irgendeinem anderen Land anerkannt wird –, und das gleiche trifft oft auf Statistiker und deren Vorhersagen zu. Die Extrapolation der Eurovisionsstatistiken zeigt jedoch eindeutig ein stetiges Wachstum beim Nachrichtenverkehr, bei der Anzahl der Übertragungen und der Teilnehmer. Dies erfordert zwangsläufig die zukünftige Planung und Durchführung der Übertragungen mit sogar noch hochentwickelteren Geräten und Techniken. Ein Beispiel dafür ist die Weiterentwicklung der computergestützten Übertragungsplanung, die sich natürlich in Richtung eines integrierten Echtzeitsystems entwickeln muß, in dem die Forderungen der Programmabteilungen der Mitglieder automatisch mit den technischen Möglichkeiten und den be-

reits zugeteilten Übertragungseinrichtungen verglichen werden und das zu gegebener Zeit das Fernschaltssystem des Netzes ansteuert, so daß die entsprechende Netzkonfiguration ohne manuelles Eingreifen aufgebaut wird. Die größer werdende Aufgabe wird durch die Inbetriebnahme des neuen Eurovisions-Kontrollzentrums in Brüssel und durch die weitere Automatisierung an allen Schlüsselstellen des Netzes bedeutend erleichtert werden.

Es ist manchmal behauptet worden, daß der Name „Eurovision“ durch den jetzt eigentlich weltweiten Tätigkeitsbereich veraltet ist. Dies scheint kein ausreichender Grund für einen Namenswechsel zu sein, solange Planung und Kontrolle des Betriebs, die Mehrzahl der ständigen Einrichtungen und jener unbezahlbare Wert, nämlich die von den Mitarbeitern gesammelten Erfahrungen, in Europa bleiben.

EIN FARBKAMERASYSTEM DER 2. GENERATION FÜR ELEKTRONISCHE BERICHTERSTATTUNG (EB)¹

VON FILIPPUS LEON STOK²

Manuskript eingegangen am 4. Mai 1979

Fernsehaufnahmetechnik

Zusammenfassung

Es wird von den Überlegungen berichtet, die der Entwicklung eines solchen Kamerasystems zugrunde liegen. Das nicht abflauende Interesse der Rundfunkanstalten daran, die immer größeren technischen Möglichkeiten und einige besondere Aspekte werden beleuchtet.

Summary A second-generation colour-camera system for electronic news gathering (ENG)

The article reports on the considerations underlying the development of such a camera system. The continuing interest of the broadcasting organisations therein, as well as the ever-greater technical possibilities and some particular aspects, are discussed.

Sommaire Caméra en couleur de deuxième génération pour les reportages d'actualités électroniques

L'article décrit les raisons qui ont conduit à étudier une caméra de ce genre. Il souligne l'intérêt constant manifesté par les organismes de radiodiffusion et les possibilités techniques sans cesse accrues; certains points particuliers font aussi l'objet d'une description.

1. Einleitung

Die Anfangsphase der ENG- oder EB-Periode (Elektronische Berichterstattung) war charakterisiert durch die stürmische Entwicklung tragbarer Farbkameras der verschiedensten Form und Konstruktion, die häufig die Bezeichnung „professionell“ nicht verdienten.

Die Hersteller haben sich, ermutigt von einigen großen Fernsehstationen in den Vereinigten Staaten, von einer Miniaturisierungstendenz mitreißen lassen, bei der es nicht mehr in erster Linie auf die Bildqualität ankam.

In den Vereinigten Staaten, wo viele kommerzielle Sender rund um die Uhr Fernsehsendungen ausstrahlen, war es von lebenswichtiger Bedeutung, daß stets die aktuellsten Nachrichten gebracht wurden, denn wer als zweiter kommt, bringt keine Neuigkeiten, sondern erzählt Geschichte.

Wenn die EB sich im Konkurrenzkampf mit dem Film behaupten will, muß vor allem eine Bedingung erfüllt werden: Die ganze EB-Anlage (Kameras, Sender, Registriergeräte und weiteres Zubehör) muß klein, leicht und einfach zu bedienen sein.

Eine große Zahl von Herstellern versuchte mit mehr oder weniger Erfolg, diese Anforderungen zu erfüllen. Die benötigte Elektronik, die anfänglich vielfach auf zwei oder mehrere Einheiten verteilt worden war, wurde immer mehr komprimiert.

Die komprimierte EB-Kamera war noch mehr als ihre großen Brüder das Ergebnis vieler Kompromisse und lieferte dem Benutzer häufig Bilder entsprechend schlechter Qualität.

Die europäischen Rundfunkanstalten haben sich – im allgemeinen qualitätsbewußter – nicht so unbee-

sonnen in dieses Abenteuer gestürzt, sondern im kleineren Maßstab dieses neue Medium kennengelernt und damit experimentiert.

Die operationellen Möglichkeiten übten auch hier große Anziehungskraft aus. Es war wünschenswert und wichtig, mit kleinen und sehr kleinen Reportageeinheiten arbeiten zu können, Livesendungen von Orten vorzunehmen, die der große Ü-Zug nicht erreichen konnte, und Nachrichten nicht verdrängen zu lassen, bei denen des Umfanges wegen diese Gefahr bestand. Aber es wurden auch noch andere Vorteile entdeckt. Die Redaktion der aktuellen Sendungen erhielt mehr Zeit für die Schnittbearbeitung, sie brauchte nicht mehr auf die Filmentwicklung und auf Kuriere zu warten; Livekommentare von Fachleuten zu den letzten Nachrichten konnten gesendet werden. All dies ließ das Interesse für EB trotz anfänglicher Qualitätsprobleme nicht abflauen. Deshalb und wegen der inzwischen größer gewordenen Erfahrung und technischen Fortschritte schien es angebracht, die Entwicklung einer Kamera der 2. Generation zu erwägen, die neben den primären betrieblichen Forderungen auch wieder Raum bieten mußte für Qualität.

Eine wichtige Nebenerscheinung des EB-Geschehens ist es, daß eine solche Kamera, die gleiche oder ähnliche Bildqualität aufweist wie Studio- oder konventionelle Kameras für Außenaufnahmen, auch für andere Aktivitäten als für reine Nachrichtenberichterstattung verwendet werden kann, z. B. für Sportereignisse, Dokumentarsendungen, Bühnenaufnahmen an Ort und Stelle, schwer erreichbare Szenen im Theater oder Studio und dergleichen mehr.

Diese Anwendung – electronic field production (EFP) oder Elektronische Außenproduktion (EAP) genannt – stellt an die Kamera, da sie dann manchmal in einem System mit mehreren Kameras zusammen arbeiten muß, noch einige andere Anforderungen. In erster Linie hinsichtlich der Synchronisation und des Timings und in zweiter eine Fernbedie-

¹ Überarbeitete Fassung eines Vortrages, gehalten auf der 6. Jahrestagung der Fernseh- und Kinotechnischen Gesellschaft (FKTG) in Trier, 9. bis 13. Oktober 1978.

² Ing. Filippus Leon Stok ist Projektleiter im Entwicklungslaboratorium Studio Equipment Development der N. V. Philips' Gloeilampenfabrieken, Breda, Niederlande.

nung betreffend, damit der Videotechniker genaue Farbabstimmung und Aussteuerung vornehmen kann.

Die Grenze zwischen EB und EAP läßt sich nicht scharf ziehen. EB wird nicht nur von der Schulter aus betrieben, sondern, je nach den Gegebenheiten, auch ab Stativ, mit größeren Objektiven, Suchern und mit Netzspeisung für unbegrenzte Betriebszeit. Von dort ist es dann nicht mehr weit, bis eine Fernbedienung und schließlich noch ein Triax-Anschluß vorgesehen wird.

Da diese mehrfache Einsetzbarkeit der Kamera auch für den Anwender wirtschaftliche und praktische Vorteile bietet, wie etwa weniger Ausbildung und Schulung der Kameraleute und weniger Wartungstechniker sowie geringeren Vorrat an Reserveteilen und Modulen (neben den bereits genannten operationellen Flexibilität), schien es angebracht, von Anfang an beide Anwendungsgebiete in die Entwicklung einzubeziehen. Man muß allerdings aufpassen, daß auf diese Weise kein fünfbeiniges Schaf entsteht.

2. Technische Möglichkeiten für die Verwirklichung des skizzierten Kamerasystems

Folgende technische Möglichkeiten standen uns bei der Realisierung der Kamera vor Augen: Miniaturbauelemente sind verfügbar und wirtschaftlich verantwortlich. Durch verfeinerte Spritzgußtechnik bekommt man leichtere Kameras. Neue LSI-Schaltungen, kleine Kameraröhren hoher Qualität und leistungssparende Komponenten führen ebenfalls zu einem geringeren Gewicht. Schließlich könnten die Erfahrungen bei der Konstruktion bisheriger Kameragenerationen genutzt werden.

Theoretisch könnte man die Kamera mit Hilfe der modernsten Techniken und Technologien bauen. Praktisch werden aber nur diejenigen neuen Techniken verwendet, die auch bei einer Serienherstellung der Kamera noch wirtschaftlich vertretbar sind. Dazu zählen einige technische Errungenschaften, wie etwa die Verfügbarkeit von Standard-ICs in SO-Miniaturgehäusen und Transistoren und Dioden in

SOT 23-Bauform mit 4 mm Breite und – je nach Typ – 3,75 bis 10 mm Länge.

In Bild 1 ist skizziert, wie z. B. ein halber TCA 240 (HF-Modulator-IC) sich mit einem Transistor und einigen Widerständen zu einem Low-Power-Video-Operationsverstärker mit einer Leistungsaufnahme von etwa 50 mW zusammenbauen läßt.

Ein solcher Baublock, der sich leicht als invertierender oder nicht invertierender Verstärker anordnen läßt, wird vielfach bei der Verarbeitung des Videosignals verwendet und bietet die Möglichkeit, äußerst einfache, aber doch zuverlässige und stabile gleichstromgekoppelte Videoverstärker zusammenzustellen. Ferner wurde der TDA 1034, ein rauscharmer Audioverstärker in diesem Gehäuse verfügbar und gestattete unter anderem den Einbau elektronischer Bildrotation in die Ablenkungen. Dies hatte wiederum Folgen für die Konstruktion der Aufhängung der Ablenkspule, welche nun ohne die mechanisch komplizierte und relativ schwere mechanische Rotationseinstellung auskam.

Schließlich wurden auch noch die LOCMOS-ICs in diesem Gehäuse verfügbar, was für den Entwurf aller logischen Schaltungen, wie z. B. des Farbbalkengenerators und der digital gesteuerten Fernbedienung, aus zweierlei Gründen sehr zu begrüßen war:

1. wegen des deutlich geringen Energieverbrauchs und
2. wegen der minimalen Abmessungen.

Es standen uns aber nicht nur diese Komponenten zur Verfügung, sondern wir haben auch eine Technik entwickelt, bei der die Platine in zwei Phasen mit Bauteilen bestückt wird. Das heißt, daß es möglich wurde, in einem gut kontrollierbaren Prozeß sowohl Miniatur- als auch Standard-ICs auf einer Platine anzubringen und automatisch zu löten.

In der ersten Phase werden die Teile für lochlose Montage (z. B. die Miniatur-ICs) angebracht und im Schwallbad mittels einer Ölwanne von unten beheizt und auf der Oberseite der Platine gelötet, dann werden in der zweiten Phase die übrigen Teile eingesteckt und im Schwallbad eingelötet.

Eine wichtige Komponente muß noch genannt werden: Die 2H-Ultraschallverzögerungsleitung in einem Gehäuse, die für eine professionelle Konturkorrekturschaltung erforderlich ist, konnte in ihren Abmessungen auf $\frac{1}{4}$ verkleinert werden, ohne daß dadurch auch nur 1 dB an Qualität geopfert werden mußte.

Schließlich dürfen einige Spezial-LSI-Schaltungen nicht unerwähnt bleiben, wie die Universaltaktgeber-ICs OQ 5501 und OQ 5502 für PAL wie auch für NTSC und ferner der IC vom Typ UAD 1020, der sehr viele Möglichkeiten für den automatischen Abgleich der Kamera bietet.

Alle diese elektronischen Errungenschaften hätten nicht ausgereicht, wenn nicht auch das 18-mm-PLUMBICON³ in verschiedener Hinsicht verbessert worden wäre und es noch immer wird⁴. Sehr wichtig sind da-

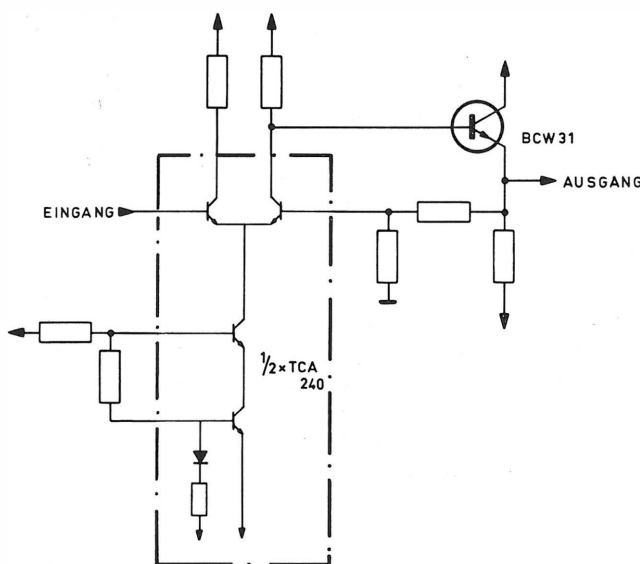


Bild 1

Schaltungsausschnitt mit Miniatur-IC

³ Warenzeichen der N. V. Philips' Gloeilampenfabrieken für Fernsehkameraröhren.

⁴ Siehe Aufsatz von A. Franken „18-mm-Plumbiconröhren mit verbesserter Leistung“ in diesem Heft, Seite 113 bis 117.

bei die bessere Rasterdeckung, die erhöhte Schärfe durch Verwendung eines feineren Feldnetzes und auch die wesentlich verringerte Streustrahlung.

Die Verwendung von Spritzgußmagnesium in weniger als 2-mm-Dicken ist mechanisch-konstruktiv ein großer Fortschritt. Es wird von einem hierauf spezialisierten deutschen Werk geliefert, das damit wohl nicht so bald zu übertreffen sein wird.

Im eigenen Haus wurde eine Tiefziehtechnik entwickelt, die es gestattet, den metallenen Abschirmzylinder der Ablenkeinheit mit solcher Präzision nahtlos herzustellen, daß keine besonders kalibrierte Zusatzlagerbuchse erforderlich ist. Dies ist einer der Gründe, weshalb das Gesamtgewicht, ohne Zugestände an die Qualität machen zu müssen, unter 230 g blieb. Auch konnte ein leichtes, verschleißfestes Objektivbajonett aus Titan geschaffen werden aufgrund der Erfahrungen mit diesem Material im eigenen Hause bei der Konstruktion der Nachbrenner für Turbomotoren.

All diese neuen Techniken bieten, zusammen mit den bei der Entstehung professioneller Studiokameras gesammelten Erfahrungen, ausreichende Vorbedingungen für die erfolgreiche Entwicklung dieser Kamera.

3. Welche besonderen Aspekte ergaben sich bei der Entwicklung der EB-Kamera?

Als neue Dimensionen sind bei der EB-Kamera die Leistungsaufnahme, die Abmessungen und das Gewicht hinzugekommen.

Wie bereits gesagt, wurde vor allem eine kleine und leichte Einheit gefordert, aber da sich auch die Leistungsaufnahme in kg je Stunde Batteriebetrieb ausdrücken läßt, war deren Verringerung wesentlicher Bestandteil der Entwurfsaufgabe. Ferner mußte bei geringeren Abmessungen auch die maximale Verlustleistung abnehmen, da die Temperatur in der Kamera nicht über die zulässigen Werte ansteigen durfte.

Am Beginn der Entwicklung standen daher umfangreiche Analysen der zu erwartenden Platinenflächen, Gewichte und Leistungsaufnahmen aller benötigten Funktionen. Die so gewonnenen Tabellen, die auf Detailmessungen beruhten, gestatteten bereits in einem frühen Stadium eine gute Beurteilung dessen, was sich schließlich erreichen lassen würde.

Ein ganz neues Meßinstrument hielt seinen Einzug ins Entwicklungslabor: Neben dem viel verwendeten Oszilloskop und anderen Universalgeräten wurde die Briefwaage ein wichtiges Instrument.

Im Endresultat war die Schätzung von Gewicht und Leistungsaufnahme – 5 kg und 26 W – innerhalb einer Toleranz von 10 % verwirklicht worden. Interessant war noch, daß wir große Leistungseinsparungen erzielen konnten, indem wir sehr sorgfältig die Notwendigkeit jedes mA abwägten, die Speisespannung nicht höher wählten als unbedingt nötig und die Videosignale in der Kamera nicht jeweils mit 75 Ω abschlossen. Dies alles unter der Voraussetzung, daß die Kamera sämtliche Schaltungen enthalten sollte, die auch von Studiokameras verlangt wurden. Impulsbreitengeregelte Speiseeinheiten an Stelle von

Serienregulatoren und an die Speisespannung angepaßte Impedanzen der Ablenkeinheiten wurden verwendet.

Die Anwendung des sogenannten Inside-Out-Prinzips der Ablenkeinheit, bei dem die Fokussierspule dicht an die Röhre anschließt und von den Ablenkspulen umgeben wird, ergab Volumenverminderung und geringere Leistungsaufnahme gegenüber der bisherigen Technik.

Die Frage, ob 18-mm-Plumbicons in der Lage sind, Bilder von Studioqualität zu liefern, wird noch nicht von allen uneingeschränkt bejaht werden; die Frage, ob es im Wohnzimmer möglich ist, qualitativ zwischen Bildern zu unterscheiden, die mit einer guten EB/EAP-Kamera der 2. Generation mit 18-mm-Röhren oder die mit einer Studiokamera gemacht wurden, wird hingegen immer verneint werden.

Eine Vorbedingung hierfür ist jedoch, daß das Plumbicon optimal genutzt wird. Das bedeutet unter anderem den Betrieb bei maximaler Feldnetzspannung, was gegenüber der kleinsten zulässigen Spannung eine relative Erhöhung des Modulationsübertragungsfaktors bei 4 MHz von etwa 10 % und verbesserte Farbdeckungseigenschaften ergibt.

An diesem Punkt darf also nicht an Leistung gespart werden. Die bekannte Methode, Spulentriplets vom Computer auf Farbdeckung auswählen zu lassen, wird ebenfalls angewendet, während Auflicht (Biaslight) mit dazu benötigten Shading-Korrektursignalen (in Schwarz und in Weiß) für eine sehr geringe Trägheit auch bei schlechten Lichtverhältnissen sorgt. Der Einsatz von dynamischer Strahlregelung (DBC) ermöglicht es zudem, die Spitzlichter zu stabilisieren, ohne daß dadurch die Schärfe in den weniger hellen Bildteilen beeinträchtigt wird.

Zur Frage der Empfindlichkeit von 18-mm-Kameras kann folgendes gesagt werden: Nach Plumbicon-Spezifikation gilt für alle Röhren, unabhängig von der Formatgröße, eine konstante Empfindlichkeit ($\mu\text{A/lm}$).

Für eine gegebene Szene wird der ausnutzbare Lichtstrom von der Größe der Eintrittspupille des Objektivs bestimmt. Das Objektiv soll so dimensioniert sein, daß dieser Lichtstrom jeweils voll auf die photoempfindliche Fläche trifft. Für drei Röhrenformate ergibt sich daraus bezüglich der Brennweite und der Öffnung folgende Relation:

Plumbicon-durchmesser in mm	Bild-diagonale in mm	Gleichwertige Brennweite in mm	Gleichwertige relative Öffnung
30	21	21	f/2,1
25	16	16	f/1,6
18	11	11	f/1,1

Objektive mit gleichwertigen Brennweiten und Blendenzahlen zeigen gleiche Betriebsverhältnisse wie z. B. Tiefenschärfe. Objektive dieser in der Tabelle aufgeführten relativen Öffnungen sind zur Zeit zwar realisierbar, leider beschränkt jedoch das heute allgemein angewandte dreiteilige Prismen-Farbteilersystem die verwendbare maximale Öffnung auf f/1,4.

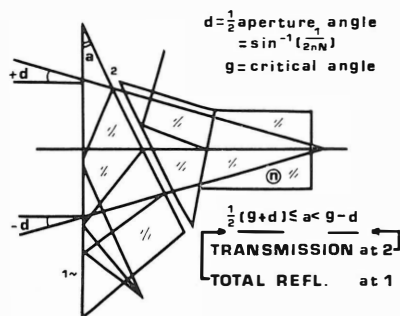


Bild 2

Grenzen der Öffnung durch das Prismen-Farbtellersystem
Strahleneingang im Prisma

Das soll im Folgenden klargemacht werden (Bild 2). Der eintretende Strahlenfluß zwischen den Aperturwinkeln $+d$ und $-d$ soll an der Fläche 2 teilweise in den Luftspalt durchgelassen werden und an Fläche 1 total reflektiert werden. Diese zwei Bedingungen beschränken die verwendbare Größe des spitzen Winkels a des ersten Prismenteils.

Für die teilweise Transmission gilt die Beziehung $a < g - d$, wobei g der Grenzwinkel für Totalreflexion ist. Für Totalreflexion an der Fläche 1 gilt $\frac{1}{2}(g+d) \leq a$, diese zwei Bedingungen sind in Bild 3 in Kurvenform dargestellt. Der maximale und der minimale Winkel für a sind gegeben als Funktion der Blendenzahl N und für drei Brechungsindizes. Man erkennt aus dieser Darstellung, daß der spitze Winkel a und die Blendenzahl N nur für Blendenzahlen größer als 1,4 verwendbar sind. Dieses maximale Öffnungsverhältnis ändert sich nur wenig für verschiedene Brechungsindizes. Die hier bestimmte maximale Öffnung für das Farbtellersystem ist formatunabhängig. Damit ist das maximal verwendbare Öffnungsverhältnis für alle Farbkameras mit dem dreiteiligen Farbtellersystem auf $f/1,4$ beschränkt.

Für eine 18-mm-Farbkamera folgt aus dieser Beschränkung, daß unter vergleichbaren Umständen der Signalstrom der 18-mm-Röhre bei maximalem Öffnungsverhältnis $f/1,4$ dem einer 25-mm-Röhre mit Öffnung $f/2$ oder dem einer 30-mm-Röhre bei $f/2,8$ gleich ist.

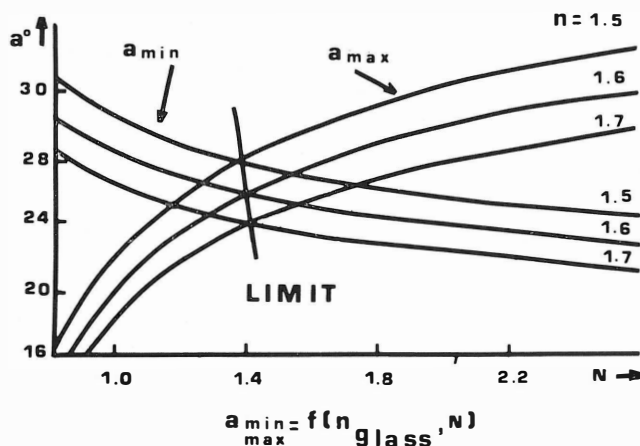


Bild 3

Grenzen der Öffnung durch das Prismen-Farbtellersystem
Grenzkurven für verschiedene Brechungsindizes

Der Aufbau der Kamera muß so beschaffen sein, daß sie in geschlossenem Zustand rauhen Betriebsbedingungen gewachsen ist. Außerdem muß angestrebt werden, daß sie wartungsfreundlich ist. Die angewendete Modultechnik ist ein Beispiel für beides, auch haben wir viel Aufmerksamkeit darauf verwandt, daß Filterrad, Prisma und Röhren leicht zugänglich sind.

Die meisten Module befinden sich im aufklappbaren hinteren Teil der Kamera, unter anderem wegen des Wärmehaushalts. Bekanntlich ist die Aufnahmeöhre noch immer das Bauteil mit der niedrigsten zulässigen Maximaltemperatur. Das Plumbicon besitzt gegenüber anderen Röhrenarten in dieser Hinsicht noch die günstigsten Eigenschaften. Trotzdem waren wir der Meinung, daß die Wärmeentwicklung möglichst im thermisch getrennten hinteren Kamerateil konzentriert werden müsse, weil die Mehrzahl der Alterungsprozesse durch Temperaturerhöhung beschleunigt werden, was besonders auch für die photoempfindliche Schicht der Kameraröhre gilt.

4. Integrationsgrad

Ein solches Kamerasystem würde sich ohne die Anwendung vieler ICs nicht verwirklichen lassen. Daher spitzt sich das Problem auf die Frage zu, ob Integration im großen Maßstab, ob Einsatz von Dick- und Dünnfilmschaltungen noch eine technische und wirtschaftlich vorteilhaftere Konstruktion ergibt.

Zur Erläuterung haben wir eine Platine mit Taktgeber, Fremdsynchronisation und Coder gewählt, mit konventionellen Komponenten in dicht gepacktem Aufbau.

Wir verglichen dann dieses Beispiel A mit den Beispielen B, C und D.

Beispiel A: Die oben angeführte Technik, die wir bisher bei unseren Studiokameras angewendet haben.

Beispiel B: Hier wurden möglichst viele Miniaturkomponenten ebenfalls in dicht gepacktem Aufbau verwendet.

Beispiel C: Die gleiche Schaltung in Dünn- und Dickfilmtechnik und

Beispiel D: Neben den bereits verwendeten LSI-Chips wurden noch 4 eigens zu entwerfende ICs zusammen mit den übrigen Teilen vorgesehen.

Wie sich zeigte, ergeben die Beispiele B und C gegenüber A eine Oberflächenverkleinerung von 30 %, während Beispiel D mit LSI eine solche von 50 % ergibt.

Die Kosten als Funktion der Jahresseriengröße sind in einem Diagramm (Bild 4) dargestellt. Schon bald wird klar, daß die LSI, wenn sie nicht auch in anderen Geräten, also in größeren Serien angewendet wird, nicht geeignet ist. Selbst bei Jahresserien von etwa 1500 Kameras liegt der Preis noch 100 % über unseren Bezugswerten.

Die Kosten für die Beispiele B und C unterscheiden sich bei einer Jahresserie von 250 Kameras nicht wesentlich voneinander, so daß wir Beispiel B – die Miniaturbauteile auf Platine – gewählt haben. Es bietet größere Flexibilität beim Entwurf und seine

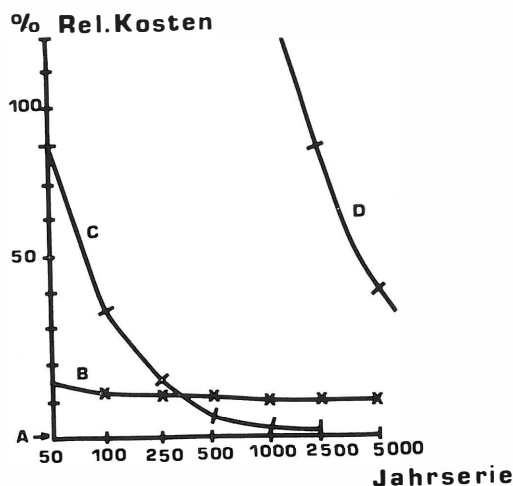


Bild 4

Kosten von Kameraserien in Abhängigkeit vom Integrationsgrad

Reparaturmöglichkeiten sind viel größer und die Kosten damit geringer. Auch die Vorratshaltung der standardisierten Miniaturbauteile ist viel günstiger als bei Spezial-ICs oder Dick- bzw. Dünnschaltungen.

Die Verbindungen innerhalb der Kamera wurden auch aufgrund der vorstehenden Überlegungen untersucht. Wir gelangten zu folgenden Ergebnissen: Der Gebrauch von Druckschaltungskarten, die 1,5- bis 2mal größer sind als bisher üblich (100 cm² im Vergleich zu 180 cm²), bietet bei der Technik nach Beispiel B die Möglichkeit, gut übersichtliche, funktionelle Einheiten zu bauen, die gleichzeitig weniger Verbindungsteile und Stecker erfordern. Die Einführung von Flachkabeln mit den sogenannten Piercing-Verbindern bewirkt noch eine wesentliche Arbeitsersparnis bei der Fertigung, so daß neben den gesteigerten Kosten infolge der Miniaturisierung sich auch eine erhebliche Kostensenkung durch den oben genannten Aufbau realisieren läßt.

Schließlich die Wahl des Kameragehäuses: Wie schon anfangs gesagt, wird es in Magnesiumspritzgußtechnik hergestellt. Das ist eine Technik, die sich in erster Linie für die Massenfertigung eignet. Durch sorgfältigen Entwurf und relativ einfache Formen für eine möglichst geringe Anzahl von Teilen lassen sich die Investitionen und die Werkzeugkosten dennoch niedrig halten. Wichtig ist aber, daß Formen und Abmessungen während der Entwicklung nicht mehr maßgebend verändert werden, da sich sonst die Investitionskosten sehr schnell verdoppeln würden.

Ein bedeutender Vorteil dieser Präzisionsgußtechnik besteht darin, daß viele Nachbearbeitungen entfallen können, während zugleich im Gegensatz zur spanabhebenden Ausführung die benötigte Materialmenge so gering ist, daß der höhere Preis von Magnesium im Vergleich zum Aluminium vernachlässigt werden kann. Wie als bekannt vorausgesetzt werden darf, ist bei gleicher Festigkeit das Gewicht von Magnesium um 30 % niedriger als das von Aluminium.

Wir haben unter anderem einige eigens entwickelte ICs verwendet. Die Typen OQ 5501 und OQ 5502 sind LSI-Schaltungen in I²L-Technik, aus denen ein gro-

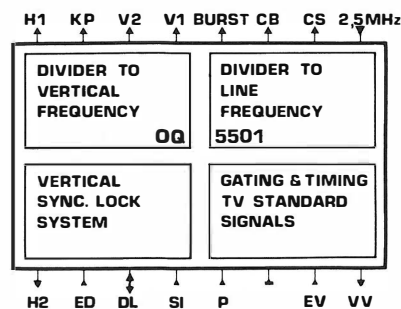


Bild 5a

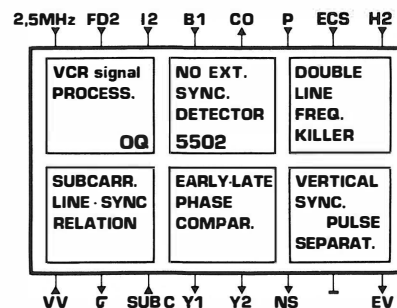


Bild 5b

Integrierte Schaltungen für Synchronimpulsgeber und Verkopplungen

ßer Teil des Taktgebers besteht. Dank der umfangreichen Anwendungsmöglichkeiten der Schaltungen konnten wir die ICs entwickeln.

Die integrierte Schaltung OQ 5501 ist der programmierbare, für alle bekannten Fernsehnormen zu verwendende Synchronimpulsgeber (siehe Bild 5a). Gesteuert durch einen 2,5-MHz-Oszillator, liefert dieser IC folgende Signale: A, S, K, P sowie horizontale und vertikale Steuerimpulse.

Die Schaltung kann ohne externe Synchronisation arbeiten, sie kann aber auch vertikal synchronisiert werden durch einen V-Impuls. Der Einlaufvorgang in vertikaler Richtung geschieht dann durch Änderung der Teilzahl, bis die Phasendifferenz zwischen dem eingehenden und dem generierten V-Impuls kleiner ist als eine halbe Zeile.

Dieser IC arbeitet zusammen mit dem OQ 5502 (Bild 5b), der für die richtige Kopplung der Zeilen mit der Hilfsträgerfrequenz entsprechend dem programmierten System sorgt. Bei externer Synchronisation wird die interne Kopplung zwischen Zeile und Hilfsträger unterbrochen und werden Phase und Fre-

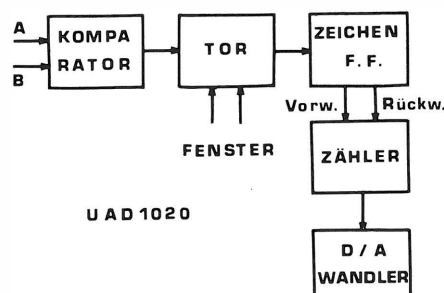


Bild 6

Integrierte Schaltung UAD 1020 für automatische Abgleichfunktionen

**Bild 7**

Kamera bei Verwendung für EB

quenz der Horizontalimpulse durch Beeinflussung des 2,5-MHz-Oszillators mit denen der eingehenden Impulse gekoppelt.

Die integrierte Schaltung UAD 1020, deren Blockschaltbild in **Bild 6** zu sehen ist, kann für eine Reihe automatischer Abgleichvorgänge – z. B. Rasterlagenautomatik – verwendet werden, mit der Möglichkeit, den Korrekturwert im abgeschalteten Zustand festhalten zu können. Der Speicher ist nämlich eine I²L-Zählschaltung, die mit einer Spannung von einigen 100 mV und einem Strom von einigen μ A beispielsweise mit einer NiCd-Batterie in Betrieb gehalten werden kann.

Der IC enthält folgende Funktionen: Einen schnellen Videofrequenz-Komparator, der die Differenz z. B. von 2 Videosignalen weitergibt an ein Zeichen-Flip-Flop. Zwischen Komparator und Zeichen-Flip-Flop befindet sich ein Gatter, das ebenfalls mit Videofrequenz geschaltet wird und daher den Zeitpunkt der Entscheidung im Zeichen-Flip-Flop festlegen kann. Es folgt ein Vor- und Rückwärtszähler. Der Output des Zählers wird in einem D/A-Wandler in ein analoges Regelsignal verwandelt, das die zu messenden Signale in der gewünschten Richtung beeinflusst. Ist einmal die gewünschte Einstellung erreicht, dann wechselt nach jedem Taktimpuls der Komparator und damit auch das Zeichen-Flip-Flop das Vorzeichen, so daß der gewünschte Wert innerhalb einer Stufengröße erreicht wird und der Komparator abgeschaltet werden kann.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß es mit den vorstehend beschriebenen schaltungs-technischen und konstruktiven Maßnahmen möglich ist, mit 18-mm-Plumbicons eine Kamera hoher Qualität zu entwickeln (**Bild 7**), die einfach in eine fernbedienbare EAP-Kamera umgewandelt werden kann, ohne dabei auf die Anforderungen bei der Elektronischen Berichterstattung verzichten zu müssen.

18-mm-PLUMBICONRÖHREN MIT VERBESSERTER LEISTUNG¹

VON AD FRANKEN²

Manuskript eingegangen am 26. Februar 1979

Fernsehaufnahmetechnik

Zusammenfassung

In einer neuen 18-mm-Plumbiconröhre wird durch Anwendung einer dünneren Photoschicht in Verbindung mit einem neuen Diodensystem die Auflösung erhöht. Dadurch erhält man eine sehr vielseitige Kameraröhre, die für EB, EFP und allgemeine Studioanwendung geeignet ist.

Summary 18-mm Plumbicon tubes with improved performance

By using a thinner photo-electric layer associated with a new diode system, the resolution is increased in a new 18-mm Plumbicon tube. In this manner, a very versatile camera tube is obtained, which is equally suitable for outside televising and general studio applications.

Sommaire Tubes Plumbicon de 18 mm améliorés

Un nouveau tube Plumbicon de 18 mm présente une meilleure définition grâce à l'utilisation d'une couche photosensible plus mince associée à un nouveau système à diodes. On obtient ainsi un tube polyvalent qui convient aussi bien pour les prises de vue électroniques d'actualités ou de programme que pour l'utilisation courante en studio.

1. Anforderungen an Kameraröhren für die Elektronische Berichterstattung

Die letzten Jahre haben einen Aufschwung in der Entwicklung tragbarer Fernsehkameras für die Elektronische Berichterstattung (EB) gebracht. Eine Kamera für diese Anwendung muß leicht sein und darf nur relativ wenig Leistung aufnehmen. Zur Erfüllung dieser Forderungen wurde das 18-mm-PLUMBICON* Typ XQ 1427 konstruiert. Durch die kurze Ansprechzeit und die hohe Empfindlichkeit eignet sich diese Röhre gut für den Betrieb bei schwachen Beleuchtungsstärken, wie sie bei der Elektronischen Berichterstattung häufig vorkommen. Wegen der Kleinheit der Röhre müssen jedoch einige Einschränkungen in bezug auf andere Parameter, wie etwa die Auflösung, in Kauf genommen werden.

Eine für Bildreportagen vorgesehene Kamera muß auch Szenen bewältigen können, die sich schnell bewegende Objekte enthalten, dynamische Szenen, wie sie z. B. bei Sportveranstaltungen vorkommen. Sie muß auch unter den verschiedensten Beleuchtungsbedingungen und Umgebungstemperaturen einsatzfähig bleiben. Zu den wichtigsten Parametern von Kameraröhren, die für EB-Anwendungen vorgesehen sind, zählen daher geringe Trägheit bei schwacher Beleuchtung und hohe Empfindlichkeit. In jüngster Zeit hat sich gezeigt, daß die 18-mm-Kameraröhre außer für Reportagezwecke auch allgemein für elektronische Außenproduktionen (Electronic Field Production) geeignet ist.

Da EFP-Kameras zusammen mit Studiokameras mit 25- und 30-mm-Röhren eingesetzt werden, sind die Anforderungen hier noch höher, besonders im Hinblick auf die Auflösung. Daher hat sich die Notwendigkeit einer Anpassung der Röhre für den

EFP-Einsatz ergeben. Diese Anpassung darf nicht mit einem Verzicht auf die guten Eigenschaften verbunden sein, welche der Röhre ihre Eignung für Bildreportagen verleihen.

Bedeutende Fortschritte auf dem Wege zur Lösung dieses Problems wurden durch die Entwicklung des „Diodensystems“ gemacht, das nachfolgend in diesem Aufsatz beschrieben wird. Vorher soll jedoch gezeigt werden, wie die einzelnen Eigenschaften die Leistung einer Kameraröhre beeinflussen.

2. Eigenschaften von Kameraröhren

2.1. Trägheit und Modulationstiefe

Tabelle 1 zeigt die Abhängigkeit der **Trägheit** und der **Modulationstiefe** von den Eigenschaften der Photohalbleiterschicht und des Elektronenstrahls.

Die **Trägheit** einer konventionellen Vidikonröhre wird im Prinzip von der Trägheit der Photoschicht bestimmt (Schichtträgheit). Bei einer Plumbiconröhre ist die Schichtträgheit jedoch vernachlässigbar gering. Die Trägheit in diesem Röhrentyp kann hauptsächlich dem Vorgang zugeschrieben werden, durch den der Elektronenstrahl die Photoschicht wieder auflädt (Umladungsträgheit [1, 2]). Die Umladungsträgheit wird bestimmt durch die Kapazität der Photoschicht C_{Schicht} und den differentiellen Strahlwiderstand R_{Strahl} [2].

Die **Modulationstiefe** wird um so geringer, je dicker die Speicherschicht ist, so daß eine dünnere

	Speicherschicht ↓ Dicke	Elektronenstrahl ↓ Stromdichte
Modulationstiefe	Streuung von Licht und Ladung	Fleckdurchmesser
Trägheit	Schichtkapazität C_{Schicht}	Strahlwiderstand R_{Strahl}

Tabelle 1

Modulationstiefe und Trägheit einer Kameraröhre in Abhängigkeit von der Speicherschicht und dem Elektronenstrahl

¹ Nach dem Manuskript eines Vortrages, gehalten auf der International Broadcasting Convention London, 25. bis 29. September 1978.

² Dr. Ad Franken ist Entwicklungsingenieur für Bildaufnahme-röhren bei N.V. Philips, Eindhoven (Niederlande).

* Warenzeichen der N.V. Philips' Gloeilampenfabrieken für Fernsehkameraröhren.

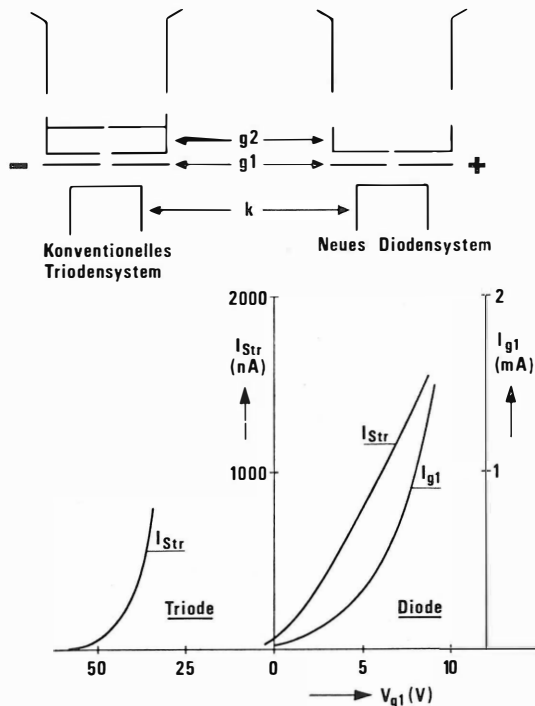


Bild 1
Konventionelle Strahlerzeugung mit einer Triode und mit dem neuen Diodensystem

Schicht durch die geringere Streuung des einfallenden Lichts größere Modulationstiefe aufweist. Da jedoch C_{Schicht} der Schichtdicke umgekehrt proportional ist, führt eine Verringerung dieser Dicke zu einer Erhöhung von C_{Schicht} und damit unvermeidlich zu einer Erhöhung der Trägheit. Folglich ergibt jeder Versuch zur Verbesserung der statischen Auflösung einfach durch Verringerung der Schichtdicke eine Erhöhung der Trägheit. Daraus ergibt sich, daß jeder Versuch, die Modulationstiefe durch Verringerung der Schichtdicke zu erhöhen, auch eine Verringerung des differentiellen Strahlwiderstandes R_{Strahl} umfassen muß, damit die Trägheit unverändert bleibt. Im folgenden Abschnitt wird beschrieben, wie diese Herabsetzung von R_{Strahl} durch das Diodensystem erreicht wird.

3. Konzept einer neuen Röhre mit Diodensystem

In einem konventionellen Triodensystem konvergieren Gitter 1 und Beschleunigungselektrode Gitter 2 die von der Kathode emittierten Elektronen, so daß ein „Strahlknoten“ entsteht. Die Analyse der Axialgeschwindigkeiten der Elektronen in dieser Konfiguration ergibt einen Überschuß schneller Elektronen, verglichen mit der von der Kathode emittierten Maxwell'schen Verteilung. Dies kann weitgehend der gegenseitigen Beeinflussung der Elektronen im Strahl zugeschrieben werden, besonders in der Nähe des Strahlknotens.

Es kann gezeigt werden [2], daß der differentielle Strahlwiderstand folgender Gleichung entspricht:

$$R_{\text{Strahl}} = \frac{k \cdot T_0}{e \cdot i}$$

Darin ist T_0 die effektive Katodentemperatur und i der Ladestrom der Speicherschicht, e ist die Ladung des Elektrons ($= 1,6 \times 10^{-19}$ Coulomb) und k die Boltzmannsche Konstante ($= 1,38 \times 10^{-23}$ Joule/K). T_0 kann als Maß für die Strahltemperatur angesehen werden, die selbst wieder eine Funktion der Verteilung der Elektronengeschwindigkeit ist. Eine Erhöhung der mittleren Elektronengeschwindigkeit ergibt daher eine entsprechende Erhöhung von T_0 , die wiederum zu einer proportionalen Erhöhung von R_{Strahl} führt.

Es ist daher offensichtlich, daß eine Verringerung von R_{Strahl} durch Herabsetzung von Wechselwirkungen zwischen den Elektronen im Strahl bewirkt werden kann. Dies läßt sich mit dem Diodensystem erreichen, einer Triode mit positivem Gitter 1, die als Diode arbeitet (Bild 1) und deren Gitter 1 einen Strom von wenigen mA zieht. Das positive Gitter verringert die Stromdichte des Strahls und damit auch die gegenseitige Beeinflussung der Elektronen.

Auf diese Weise wird R_{Strahl} verringert, und die dadurch herabgesetzte Trägheit gestattet die Verwendung dünnerer Targets zur Erhöhung der Modulationstiefe.

3.1. Trägheit und Modulationstiefe

Bild 2 zeigt die vergleichbare Leistung der Standardröhre XQ 1427, einer experimentellen XQ 1427 mit dünnerer Speicherschicht und schließlich der neu entwickelten XQ 2427 (74XQ) mit der dünneren Schicht und dem Diodensystem. Außerdem wird die Leistung einer Röhre mit einer Speicherschicht auf Selenbasis gezeigt. Aus der Darstellung geht hervor, daß diese Röhre eine ähnliche Leistung wie die experimentelle XQ 1427 mit der dünnen Schicht aufweist, ferner, daß die Röhre XQ 2427 (74 XQ) fast so schnell anspricht wie die Standardröhre XQ 1427 und daß sie die gleiche Modulationstiefe aufweist wie die Röhre XQ 1427 mit der dünneren Speicherschicht.

3.2. Empfindlichkeit

Tabelle 2 zeigt, daß XQ 1427 und XQ 2427 (74 XQ) die gleiche Empfindlichkeit für blaues Licht und nur geringfügig unterschiedliche Empfindlichkeit für andere Farben aufweisen. Gegenüber einer Röhre mit Selenbeschichtung (Sel) ergeben sich durchweg höhere Empfindlichkeitswerte.

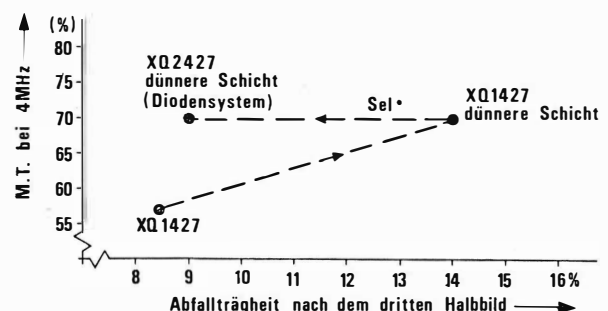


Bild 2

Abfallträgheit und Modulationstiefe von 18-mm-Röhren

Die Abfallträgheit wurde bei weißem Licht mit einem 20-nA-Signal und einem Strahlstrom von 300 nA gemessen (nach 60 ms).

Die Modulationstiefe wurde bei weißem Licht mit einem Signalstrom von 150 nA und einem Strahlstrom von 300 nA gemessen ($U_{\text{Feldnetz}} = 750$ V).

	weiß	rot	grün	blau
XQ1427	400	125	140	32
XQ1427 dünnere Schicht	350	115	120	32
XQ2427				
Sel	280	90	90	27

Einheit: $\mu\text{A}/\text{lm (F)}$

Tabelle 2

Die Empfindlichkeit einiger 18-mm-Kameraröhren

3.3. Auflicht zur Verbesserung des Ansprechverhaltens

Aus der obigen Gleichung ergibt sich, daß R_{Strahl} sich umgekehrt proportional zum Ladestrom i verhält. Der Strahlwiderstand und damit die Trägheit können daher durch Verschiebung des Nullpunkts des Ladestroms reduziert werden. Dies erreicht man, indem man ein Auflicht auf die Speicherschicht projiziert. Die Wirkung dieses Auflichts geht aus **Bild 3** hervor.

3.4. Streustrahlung

Streustrahlung in einem optischen System wird durch innere Reflexionen verursacht. Diese wurden in der Plumbiconröhre beträchtlich vermindert, so daß die damit zusammenhängenden Probleme wesentlich weniger ins Gewicht fallen. Zur weiteren Herabsetzung der Streustrahlungen wird eine „Anti-Reflexions-Scheibe“ verwendet, die sich vor dem Target befindet, die außerdem Staubteilchen von der Fokusebene fernhält und verhindert, daß diese bei kleinen Blenden sichtbar werden. Die Streustrahlung in einer Kameraröhre wird folgendermaßen gemessen:

Die Röhre wird über ein Farbfilter und ein Infrarot reflektierendes B1/K1-Filter mit einer Wolframfadenlampe beleuchtet. In der Nähe der Vorderseite der Röhre befindet sich eine einstellbare Blende,

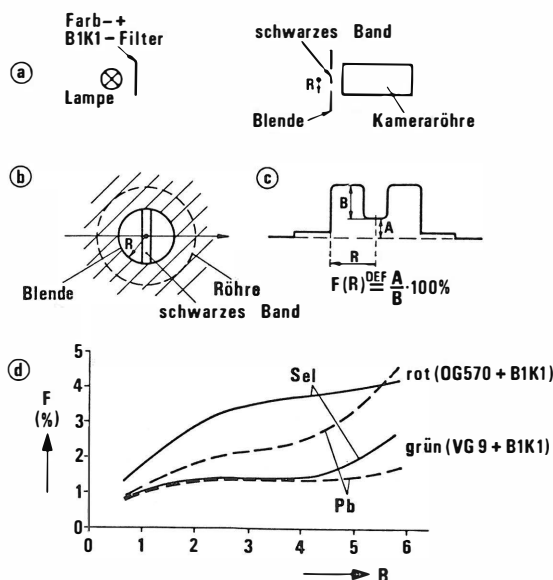


Bild 4

Überstrahlung in der Mitte des Bildes als Funktion des Radius der bestrahlten Fläche bei Plumbicons (Pb) und Röhren auf Selenbasis (Sel)

Abgetastete Fläche $6,6 \text{ mm} \times 8,8 \text{ mm}$, $R_{\text{max}} = 5,5 \text{ mm}$

durch deren Mitte ein 1 mm breites vertikales schwarzes Band läuft. Die Anordnung ist in **Bild 4a** dargestellt. Wie aus **Bild 4b** hervorgeht, ist die Streustrahlung als das Verhältnis des kleinsten Signalpegels zur Differenz zwischen dem größten und dem kleinsten Signalpegel einer zentralen, horizontalen Video-Abtastzeile definiert. Die Streustrahlungszahl (F) wird in Prozent angegeben und als Funktion des Radius (R) der Blende gemessen.

In **Bild 4** wird die getrennt für rotes und grünes Licht gemessene Streustrahlung beim Plumbicon und bei Röhren auf Selenbasis verglichen. Die Streustrahlung ist bei rotem Licht größer als bei grünem, einfach deshalb, weil die Speicherschicht einen höheren Reflexionskoeffizienten für rotes Licht aufweist. Die Streustrahlung bei blauem Licht ist kaum meßbar.

3.5. Farbdeckung

Die Farbdeckung in einer Kameraröhre wird mit kleinerem Abstand zwischen Feldnetz und Schicht besser. Eine Herabsetzung dieses Abstands erhöht jedoch die Kapazität der Signalelektrode und trägt dadurch zur Verschlechterung des Signal/Rauschverhältnisses bei. Das Elektrodensystem in der Plumbiconröhre wird mit so engen Toleranzen hergestellt, daß die Ausgangskapazität auf dem niedrigen Wert von etwa $2,5 \text{ pF}$ gehalten und die (strengen) Forderungen des Fernsehens in Bezug auf den Rauschabstand erfüllt werden.

3.6. Einbrennen

Das Verhalten der XQ 2427 (74 XQ) in Bezug auf das Einbrennen von Spitzlichtern ist, ebenso wie das der XQ 1427, ausgezeichnet. Die Nachwirkung von Spitzlichtern dauert niemals länger als einige Sekunden.

3.7. Temperatur

Wie bereits weiter oben gesagt wurde, erfordert die Elektronische Berichterstattung, daß die Kamera-

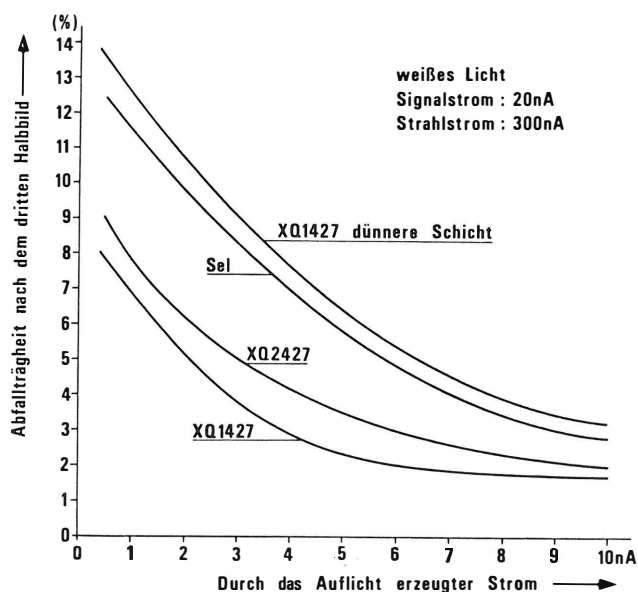


Bild 3

Abfallträgheit nach dem dritten Halbbild (60 ms) als Funktion des Auflichtstroms (einschließlich Dunkelstrom)

	Modulations- tiefe bei 4MHz weiß	Abfallträgeit nach 60ms 20/300nA 5nA Auflicht	Empfindlichkeit [$\mu\text{A}/\text{lm}(\text{F})$]			Überstrahlung $R=2.3\text{mm}$ rot	Einbrennen	Betriebs- lebensdauer bei 60°C
			rot	grün	blau			
XQ1427	55%	2.5%	125	140	32*	2%	s	Wochen
XQ1427 mit dünnerer Schicht	70%	6%	115	120	32*	2%	s	Wochen
XQ2427 (Diodensystem)	70%	3.5%	115	120	32*	2%	s	Wochen
Sel	70%	6%	90	90	27	3.2%	Zehntel- Sekunden	Tage

*38 $\mu\text{A}/\text{lm}(\text{F})$ gemessen ohne B1K1-Filter

Tabelle 3

Leistungsvergleich von Plumbiconröhren und Röhren auf Selenbasis

röhre in einem größeren Umgebungstemperaturbereich eingesetzt werden kann. Die Alterung der Speicherschicht wird durch hohe Temperaturen jedoch beschleunigt. Die Kamera muß deshalb so konstruiert werden, daß die Temperatur des Targets unter 50 °C bleibt.

Frontplattentemperaturen von max. 70 °C wurden in Kameras registriert, die bei starkem Sonnenlicht im Einsatz standen. Daher ist eine Untersuchung der Lebensdauer der Kameraröhre bei erhöhten Temperaturen interessant. In Bild 5 sind die Weiß- und die Rotempfindlichkeit als Funktion der Betriebszeit aufgetragen. Die Röhren wurden eine Zeit lang bei 60 °C betrieben; dann wurden sie vor den Messungen auf 30 °C abgekühlt. Nur die Rotempfindlichkeit nahm geringfügig zu, während die Weißempfindlichkeit konstant blieb.

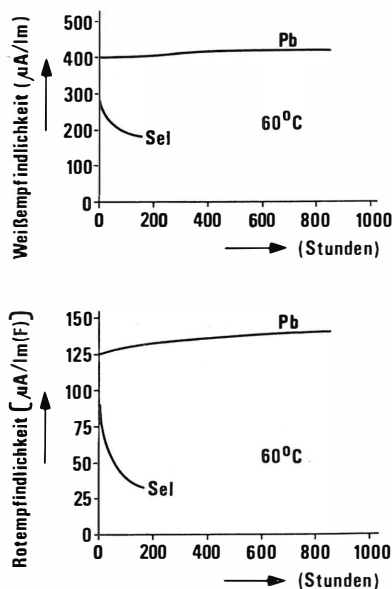


Bild 5

Weiß- und Rotempfindlichkeit als Funktion der Betriebszeit bei 60 °C

Andere Parameter wie das Auftreten weißer Flecken, die Blau- und die Grünempfindlichkeit, das Einbrennen, die Modulationstiefe und die Trägheit änderten sich in Abhängigkeit von der Betriebszeit bei 60 °C nicht.

Experimente mit Röhren, die eine photoleitende Schicht auf Selenbasis haben, zeigen einen Rückgang der Weiß- und der Rotempfindlichkeit und eine Zunahme des Einbrennens und des Auftretens weißer Flecken nach einigen Tagen. Die gute Leistung einer kontinuierlich bei 60 °C betriebenen Plumbiconröhre bleibt jedoch mehrere Wochen lang erhalten.

3.8. Die Verarbeitung von Spitzlichtern

Damit Spitzlichter gut verarbeitet werden, muß die Kameraröhre mit hohem Strahlstrom betrieben werden. Bei der Röhre XQ 2427 (74 XQ) wird dadurch die Modulationstiefe nur geringfügig verschlechtert und die Trägheit nur wenig vergrößert. Dennoch ist ein Dauerbetrieb mit hohem Strahlstrom nicht zu empfehlen. Günstiger ist es, den Strahlstrom automatisch nur dann zu erhöhen, wenn der Strahl eine sehr helle Bildpartie auf dem Target abtastet. Dieses als DBC (Dynamic Beam Control), ABO (Automatic Beam Optimization) oder CTS (Comet Tail Suppression) bekannte dynamische Strahlsteuerungsverfahren ist für viele tragbare Fernsehkameras geeignet.

Die Strahlstromreserve des neuen Diodensystems der Kameraröhre XQ 2427 (74 XQ) ist so groß, daß die Röhre dynamische Spitzlichter im Bereich von mindestens vier Blendenwerten über einem Signalstrom von 200 nA richtig verarbeiten kann. Schwierigkeiten macht beim Entwurf von DBC-Schaltungen die Instabilität. Infolge der großen Steilheit der Diodenkennlinie in dem Diodensystem (Bild 1) sind nur wenige Volt am Gitter 1 zur Erzeugung eines hohen Strahlstroms erforderlich, so daß die Wahrscheinlichkeit der Instabilität sehr gering ist.

In Tabelle 3 werden die Leistungen der drei in diesem Aufsatz beschriebenen Plumbiconröhren verglichen und ferner die Leistungsparameter einer Kameraröhre auf Selenbasis gezeigt.

4. Schlußbetrachtung

Die 18-mm-Plumbiconröhre vom Typ XQ 1427 eignet sich hervorragend für die Elektronische Berichtserstattung. Mit Sicherheit kann erwartet werden, daß die neue Röhre vom Typ XQ 2427 (74 XQ) sich als vielseitige und leistungsfähige Ergänzung der Plumbiconreihe erweisen wird. Ihre ausgezeichnete Modulationstiefe, geringe Trägheit und hohe Empfindlichkeit werden ihr eine konkurrenzlose Stellung als Kameraröhre verschaffen, die sowohl für Bildreportagen (EB) als auch für elektronische Außenproduktionen (EFP) geeignet ist.

Anmerkung

Meßbedingungen:

Modulationstiefe: Für alle Messungen wurde ein Infrarotsperrfilter (Balzers B1/K1) in den Lichtweg eingeschaltet (Wolframfadenlampe, Farbtemperatur 2856 K).

Weitere Filter wurden bei den Messungen mit farbigem Licht in den Lichtweg eingeschaltet:

Rot: Schott OG570, Dicke 3 mm

Grün: Schott VG9, Dicke 1 mm

Blau: Schott BG12, Dicke 3 mm.

Alle Messungen an den Plumbiconröhren, mit Ausnahme der Blauempfindlichkeitsmessung, wurden an Röhren mit erhöhter Rotempfindlichkeit durchgeführt. Die Blauempfindlichkeit nimmt auf $38 \mu\text{A/lm}$ zu, wenn sie ohne B1/K1-Filter gemessen wird.

Da das Gitter 1 in der XQ 2427 (74 XQ) Strom zieht, ist diese Röhre nicht ohne entsprechende Änderung der Kamera gegen die XQ 1427 auswechselbar.

SCHRIFTTUM

- [1] Heijne, L.: Acta Electronica 1—2 (1956 bis 1958), S. 124.
- [2] Polder, L. J. van de: Target-Stabilization Effects in Television Pick-Up Tubes. Philips Research Rep. 22 (1967), S. 178 bis 207.
- [3] Roosmalen, J. H. T. v.: New possibilities for the design of Plumbicon tubes. I.E.E.E. Trans. ED Vol. 18 No. 11, November 1971, S. 1087 bis 1093.
- [4] Roosmalen, J. H. T. v.: US-Patent 3.831.058.

FILMTECHNISCHE EINRICHTUNGEN IM NEUEN KOPIERWERK DES HESSISCHEN RUNDFUNKS

VON HELMUT BACHMANN¹

Manuskript eingegangen am 23. April 1979

Filmtechnik

Zusammenfassung

Es wird das neue Kopierwerk des Hessischen Rundfunks beschrieben, bei dessen Planung die betrieblichen Forderungen und der neueste Stand der Technik berücksichtigt wurden. Die Raumaufteilung ist den Bearbeitungsschwerpunkten angepaßt; besonderer Wert wurde auf optimale Arbeitsplatzbedingungen gelegt. Ausführlich wird über die Entwicklungsanlagen berichtet. Es werden die Abluft- und Abwasseranlagen erläutert, mit deren Hilfe die anfallenden Schadstoffe beseitigt und die gesetzlichen Bestimmungen erfüllt werden.

Summary Film equipment in the new processing laboratory of the Hessischer Rundfunk

The article describes the new film-processing laboratory of the Hessischer Rundfunk, in the planning of which the operational requirements and the latest state of the art were taken into consideration. The space layout has been adapted to the points of high activity, particular attention being paid to optimum working conditions. The developing machines are discussed in detail. The ventilation and waste-water disposal installations are explained, by means of which any noxious material is eliminated and the legal prescriptions are complied with.

Sommaire Equipement des nouveaux laboratoires de film de la Hessischer Rundfunk

L'article décrit les nouveaux laboratoires de film de la Hessischer Rundfunk dont les plans ont été dressés en fonction des besoins de l'exploitation et en tenant compte des plus récentes améliorations techniques. La disposition des lieux est adaptée à l'organisation des activités, tandis qu'une attention toute particulière a été portée à l'optimisation des conditions de travail. Les installations de développement sont décrites en détail, de même que le dispositif de ventilation et celui de traitement des effluents qui permet d'éliminer les résidus nocifs et de répondre aux prescriptions légales.

1. Einleitung

Der Hessische Rundfunk hat 1957 sein erstes Kopierwerk aufgebaut und mit einer eigenen Schwarzweiß-Filmentwicklung begonnen. Mit der Zunahme von Filmproduktionen und der Einführung des Farbfernsehens wurde es erforderlich, zusätzliche Entwicklungsmaschinen anzuschaffen. Diese konnten wegen Raummangel im Kopierwerk nur noch provisorisch in benachbarten Räumen untergebracht werden. Die sich hieraus ergebende dezentrale Aufstellung der Maschinen erforderte erhöhten Personalaufwand für die Bedienung; die Wartung war wegen der räumlichen Enge schwierig und zeitraubend. Die Arbeitsbedingungen für die Beschäftigten mußten dringend verbessert und letzten Endes auch die Wirtschaftlichkeit des Betriebes erhöht werden. So ergab sich die Notwendigkeit, für das Kopierwerk ein neues Gebäude zu erstellen.

2. Planung

Ein Arbeitsteam, bestehend aus dem Architekten, dem filmtechnischen Betrieb und der Planungsabteilung, setzte sich folgende Ziele:

- die bisherigen Betriebserfahrungen zu verwerten,
- eine betrieblich optimale Raumkonzeption mit dem Ergebnis moderner Geräteentwicklungen zu verbinden,
- zeitgemäße Arbeitsbedingungen für die Mitarbeiter zu schaffen und
- im Hinblick auf die heutigen ökologischen Forderungen umweltfreundliche Abluft- und Abwasseranlagen einzurichten.

In einer Zeit der Einführung der Elektronischen Berichterstattung (EB) wurde die entscheidende Frage nach der Größe des Kopierwerks eingehend geprüft und diskutiert. In den letzten 3 Jahren haben sich die im Kopierwerk zu verarbeitenden Filmlängen bei etwa 1,7 Millionen Metern pro Jahr eingependelt.

Das Ergebnis der Überlegungen war, die Anzahl der Entwicklungsmaschinen und damit die Entwicklungskapazität beizubehalten, obwohl die Elektronische Berichterstattung (EB) in Zukunft eine Konkurrenz darstellen könnte. Unter diesem Gesichtspunkt wurde lediglich eine Raumreserve für eventuelle Erweiterungen im Filmentwicklungsbereich vorgesehen.

Der Raumbedarf für das Kopierwerk ergab eine Gesamtfläche von 1080 m², die sich auf das Erdgeschoß und das 1. Obergeschoß verteilt. Die umfangreichen Klima- und Abwasseraufbereitungs-Anlagen wurden im Kellergeschoß untergebracht. Die Räume wurden so angeordnet, daß die nachstehenden Arbeitsbereiche eigene Schwerpunkte bilden:

– Filmentwicklung

Maschinenraum
Bäderansatzraum
Chemisches Lager
Dunkelkammern

– Technische Betriebsüberwachung

Chemisches Labor
Sensitometrie

– Kopierbearbeitung und Originalschnitt

Lichtbestimmung
Abziehräume
Originallager
Kopierräume

¹ Ing. (grad.) Helmut Bachmann ist Betriebsingenieur in der Abteilung Planung und Betriebsausrüstung beim Hessischen Rundfunk, Frankfurt.

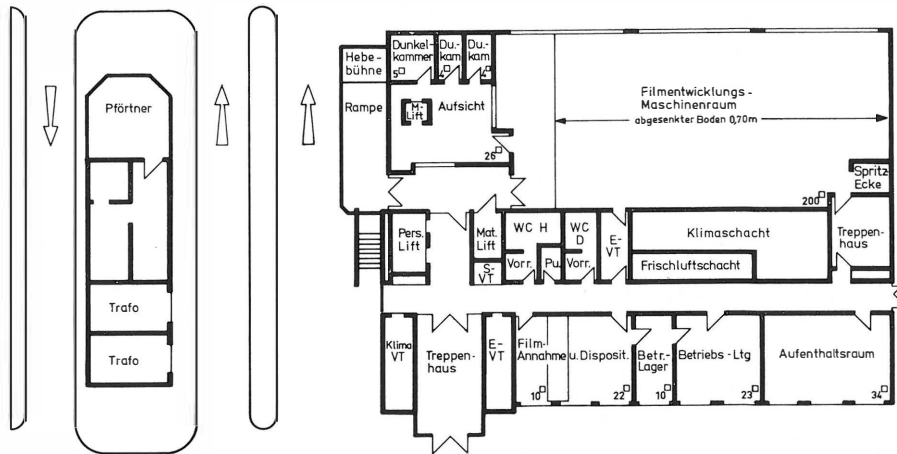


Bild 1
Kopierwerk EG

Filmreinigungsraum
Kopiervorbereitung
Filmvorführung

– **Fotolabor**

Schwarzweiß-Fotolabor
Color-Fotolabor
Reproduktion
Foto-Endbearbeitung

– **Filmgerätewartung**

3. Grundrißkonzeption

Die Grundrißkonzeption verfolgte das Ziel, die Tätigkeitsbereiche so anzuordnen, daß ein möglichst wirtschaftlicher Betriebsablauf erreicht wird. Die danach gewählte Raumaufteilung läßt sich aus den Geschoßgrundrissen (**Bild 1** und **2**) ersehen.

Die Filmentwicklung wurde neu ausgerüstet, die Einrichtungen der übrigen Arbeitsbereiche zum größten Teil aus dem bisherigen Kopierwerk übernommen. Im weiteren sollen daher vor allem die Einrichtungen der Filmentwicklung näher beschrieben werden, bei deren Konzipierung die in den letzten Jahren gesammelten Erfahrungen berücksichtigt wurden [1, 2, 3].

4. Filmentwicklung

Die Filmentwicklung ist im neuen Gebäude auf zwei Stockwerke verteilt, im Erdgeschoß die Filmentwicklungsmaschinen und im 1. Obergeschoß der dazugehörige Bäderansatzraum.

Bild 3 zeigt den Bäderansatzraum (134 m²) mit 18 Ansatz- und 28 Vorratsbehältern, die derzeit vier Entwicklungsmaschinen versorgen. Eine Übersicht über Ansatz, Vorrat und Dosierung gibt **Bild 4**.

Das Ansetzen der chemischen Bäder erfolgt im Ansatzbehälter A. Nach dem Mischen der Chemikalien werden diese mittels eingebauter Misch- und Förderpumpe in die Vorratsbehälter V umgepumpt. Ansatz- und Vorratsbehälter haben das gleiche Fassungsvermögen von je 400 Litern. Damit wird erreicht, daß beim Umpumpen keine Lösungsreste zurückbleiben. Die Kapazität der Vorratsbehälter ist so bemessen, daß zumindest für den Wochenendbetrieb (z. B. aktuelle Berichterstattung) ein ausreichender Vorrat an Bädern vorhanden ist.

Neben dem Bäderansatzraum befindet sich das Lager für die Chemikalien der Filmentwicklung, das eine Regalfläche von insgesamt 300 m² hat. Hier kann ein Vorrat für einen Zeitraum von rund 3 Monaten untergebracht werden, wodurch weitgehende Unabhängigkeit bei Lieferschwierigkeiten gewährleistet

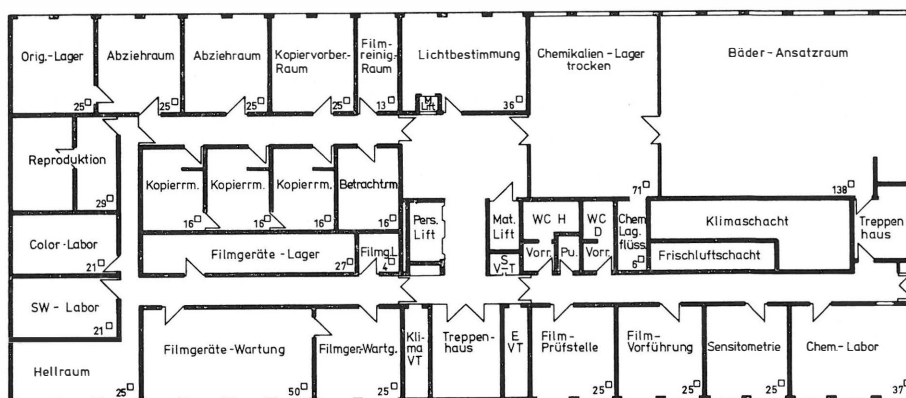


Bild 2
Kopierwerk 1. OG

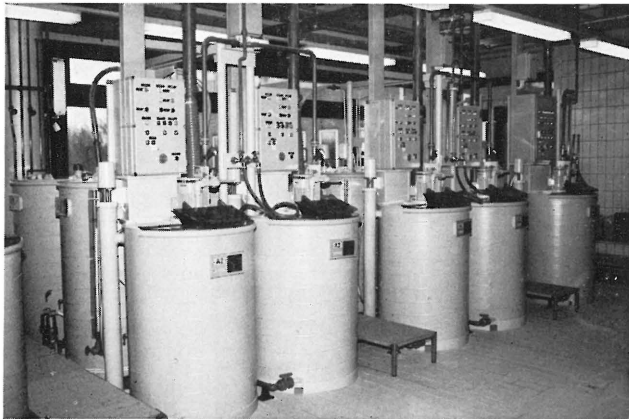


Bild 3
Bäderansatzraum



Bild 5
Verteilertafel, Anzeigetableau und Schalttafel

ist. Die Beschickung der Regale erfolgt mit einer elektrischen Hebevorrichtung.

Da die Räume für den Bäderansatz und die Filmentwicklung übereinander liegen, fließen die Entwicklungsflüssigkeiten aus den Vorratsbehältern im Gefälle über die Dosiereinrichtungen D zu den Entwicklungsmaschinen. Dadurch entfallen Förderpumpen, die sonst für jedes Bad benötigt werden. An jedem Vorratsbehälter sind drei Füllstandsfühler angebracht, die auf Anzeigetableaus sowohl im Bäderansatzraum als auch im Filmentwicklungsraum den jeweiligen Füllzustand (Voll, 100 Liter, Leer) anzeigen. Bei 100 Liter Inhaltsanzeige blinken die Tableau-Lampen und im Leerzustand der Vorratsbehälter ertönt eine Hupe. Sämtliche Vorratsleitungen werden zu einer Verteilertafel im Erdgeschoß geführt, an der über Ventile die Entwicklungs- und Dosiereinrichtungen angeschlossen sind (Bild 5).

Daneben befindet sich eine Schalttafel mit Abruf-tasten, durch deren Betätigung Magnetventile an den Vorratsbehältern geöffnet werden können. Das Bedienpersonal ist in der Lage, von hier aus den vor-

bereiteten Inhalt der Vorratsbehälter ohne Zeitverlust in die Entwicklungsmaschine zu geben.

Der Filmentwicklungsraum mit einer Größe von 200 m² bietet Stellfläche für max. 6 Entwicklungsmaschinen. Der Raum ist vollklimatisiert. Die Fensterwand, die an der einen Längsseite die gesamte Raumhöhe einnimmt, sorgt für ausreichendes Tageslicht und trägt somit zu angenehmen Arbeitsbedingungen für die dort Beschäftigten bei.

Damit die Aufstellung von Entwicklungsmaschinen verschiedener Größe auch in Zukunft problemlos ist, wurde ein großer Teil des Raumes als Wanne etwa 70 cm tief abgesenkt und mit säurefesten Kacheln ausgelegt. Der begehbare Fußboden über der Wanne besteht aus Hartholzplatten mit Kunststoffbelag, die auf quadratischen Schienenfeldern liegen. An den Kreuzungspunkten dieser Schienen befinden sich Metallstützen, die zur Nivellierung des Bodens in der Höhe verstellbar sind (Bild 6).

Die abnehmbaren Platten haben den Vorteil, daß der Boden an jeder beliebigen Stelle geöffnet werden kann, um die Wartung der darunter befindlichen Pumpen, Ventile usw. durchzuführen. Auch die Rohrleitungen zu und von den Entwicklungsmaschinen, die in Kunststoffkanälen verlegt wurden, sind somit leicht erreichbar.

Um zeitweilig anfallende Arbeiten an den Tanks der Entwicklungsmaschinen zu erleichtern, z. B. bei

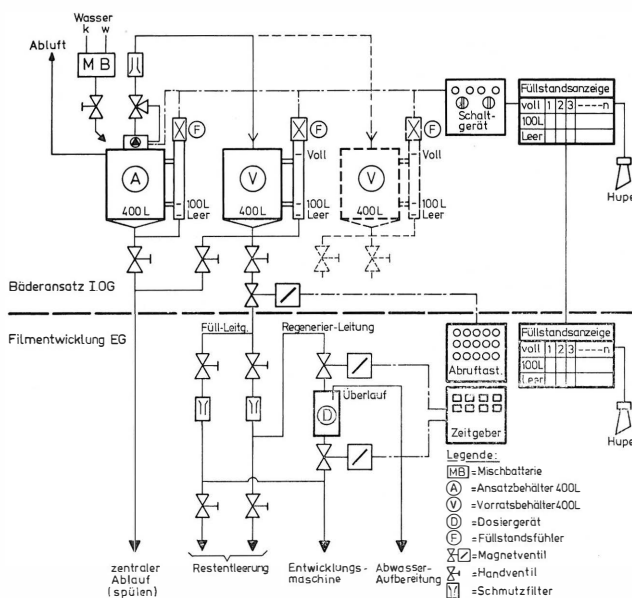


Bild 4
Übersicht für Ansatz, Vorrat und Dosierung (Prinzip)

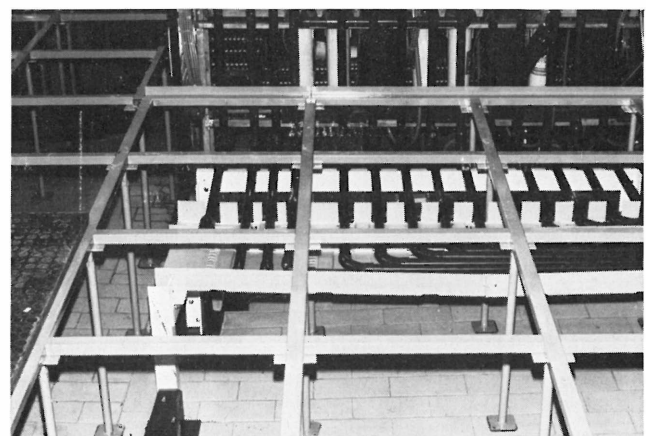


Bild 6
Rohrleitungsverlegung unterhalb des Fußbodens



Bild 7
16-mm-Farb-Entwicklungsmaschinen

Filmriß das Einfädeln auf die Entwicklungsrahmen, wurden die Tanks so weit abgesenkt, daß man ohne Schwierigkeiten von oben her eingreifen und arbeiten kann. Auf die sonst notwendigen Laufpodeste an den Maschinen konnte somit verzichtet werden, weil die Tiefe der Bodenwanne entsprechend berücksichtigt wurde.

Derzeit stehen vier 16-mm-Filmentwicklungsmaschinen zur Verfügung:

- 2 ARRI-Maschinen CO 16 für Kodak VNF-Color-Prozeß (Entwicklungsleistung 1200 m/h)

- 1 ARRI-Maschine 4 TV für Kodak EC 03-Color-Prozeß (Entwicklungsleistung 1000 m/h)
- 1 ARRI-Maschine 400 für S/W-Umkehr-Prozeß (Entwicklungsleistung 400 m/h)

Alle Entwicklungsmaschinen sind in Tageslichtausführung konzipiert (**Bild 7**).

Die ARRI-Maschinen CO 16, die den VNF-Prozeß durchführen, haben zahnkranzlosen Filmtransport (Friction Drive), die beiden anderen arbeiten mit Zahnkranzrollen. Hinter den Tanks, leicht erreichbar in einem Gestell, sind Temperierbehälter, dazugehörige Umwälzpumpen, Dosiereinrichtungen und die in einem geschlossenen Kreislauf arbeitende Entsilberung untergebracht (siehe **Bild 8**).

Die ARRI-Entwicklungsmaschinen CO 16 sind bereits jetzt für die Bearbeitung des in Kürze zu erwartenden RVNP-Schnellentwicklungs-Prozesses vorbereitet, womit gegenüber der Normalentwicklung des VNF-Prozesses eine Reduzierung der Naßzeit auf die Hälfte erreicht werden kann. Das ermöglicht einen wesentlich schnelleren Zugriff zu Filmmaterial, das für die aktuelle Berichterstattung benötigt wird.

Die Bäder in den Entwicklungstanks werden über Schaltuhren so rechtzeitig vorgeheizt, daß sie bei Arbeitsbeginn die erforderlichen Temperaturen erreicht haben. Die genaue Temperatur- und Niveauüberwachung der Bäder und die Filmrißanzeige erfolgen bei Störungen akustisch und optisch.

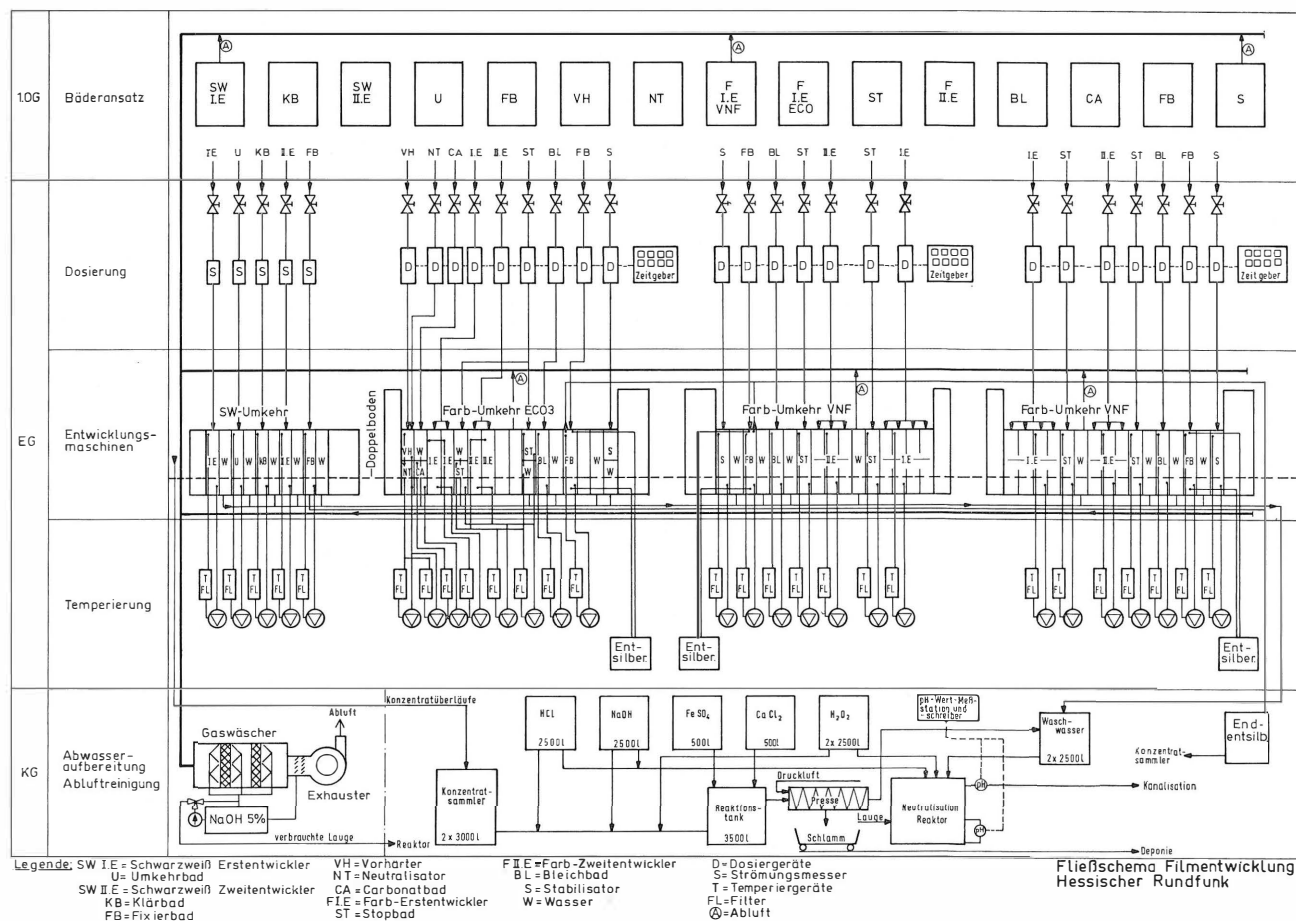


Bild 8
Fließschema Filmentwicklung

5. Technische Betriebsüberwachung

Ein wichtiger Arbeitsbereich im Kopierwerk ist die Technische Betriebsüberwachung. Durch den ständigen chemischen Abbau der Bäder bei der Filmentwicklung wird es notwendig, diese in gleichem Maße zu regenerieren. Der Zustand der Bäder wird durch mehrmaliges Messen während der Betriebszeit und durch Auswertung von Kontrollentwicklungen mit Sensitometerkeilen beobachtet. Die vom Rohfilmhersteller angebotenen Filmemulsionen werden hier vor der Anwendung auf ihre Brauchbarkeit speziell für Fernseh Zwecke untersucht. Erst nach Überprüfung aller Meßwerte, die innerhalb der Bearbeitungstoleranz liegen müssen, erfolgt die Freigabe für die Entwicklung durch die Technische Betriebsüberwachung [4].

6. Kopierbearbeitung

Die vollklimatisierten Räume für die Kopierbearbeitung (siehe **Bild 2**) sind so angeordnet, daß die Arbeitsabläufe rationell, weg- und zeitsparend erfolgen können. Im inneren Komplex liegen die Räume, in denen die Kopiermaschinen aufgestellt sind. Dadurch werden keine gesonderten Verdunkelungseinrichtungen benötigt.

7. Abluftreinigung

Bei der Neueinrichtung des Kopierwerks wurde besonderer Wert auf gut belüftete Betriebsräume gelegt. Weitverzweigte Abluftleitungen aus Kunststoff sind im Filmentwicklungs- und Bäderansatzraum verlegt worden (**Bild 9**).

Chemische Dämpfe bzw. Gase, wie sie beim Bäderansatz und in den Entwicklungsmaschinen auftreten, werden unmittelbar am Entstehungsort abgesaugt. Auch unterhalb des abnehmbaren Fußbodens im Bereich der Versorgungsleitungen und Pumpen sorgen entsprechend dimensionierte Abluftrohre für eine ausreichende Querbelüftung. Damit wird erreicht, daß die zulässigen MAK-Werte (maximale Arbeitsplatzkonzentration) weit unterschritten werden.

Die Reinigung der Abluft geschieht durch einen KT-Gaswäscher. Es handelt sich um einen Düsenwäscher mit Füllkörpereinheiten. Durch die feine Zerstäubung der Waschflüssigkeit wird eine intensive Vermischung zwischen Abgas und Waschmittel erreicht. Da die Abluft überwiegend saure Bestandteile enthält, wird als Waschflüssigkeit eine verdünnte Natronlauge gewählt. Ein hochwirksamer Tropfenabscheider am Gasaustritt besorgt die Reinigung des Luftstroms von mitgerissenen Waschmitteltropfen. Die so von luftfremden Bestandteilen gereinigte Abluft wird ins Freie ausgeblasen [5].

8. Abwasseraufbereitung

Im Hinblick auf die immer strenger werdenden Umweltschutzbestimmungen ist es notwendig, Abwasser aus den Filmkopierwerken aufzubereiten, bevor sie in die Kanalisation geleitet werden [6].

Bei den Abwässern der Kopierwerke unterscheidet man zwischen Konzentraten und Waschwässern. Beide werden getrennt und unterschiedlich behandelt.

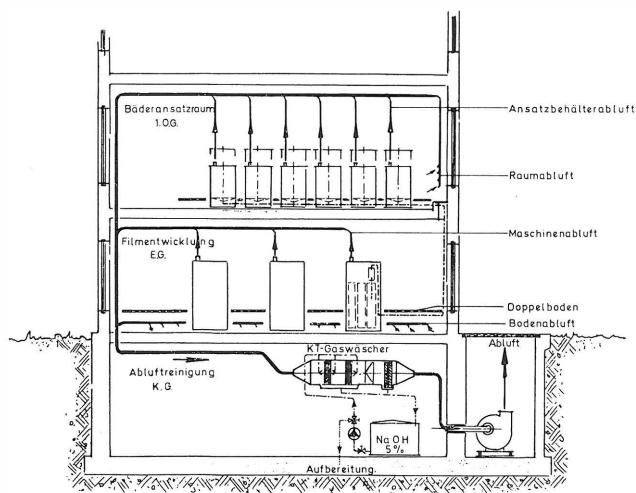


Bild 9

Abluftabsaugung und Reinigung

Die Waschwässer sind lediglich durch Verschleppung der Chemikalien aus den Bädern verunreinigt. Durch den Abstreifer an der Entwicklungsmaschine lassen sich die Verschleppungen soweit reduzieren, daß man das Waschwasser als praktisch unbelastet ansehen kann, wodurch es nur noch einer pH-Wert-Korrektur sowie einer geringen Korrektur des Redox-Vermögens (Jodwerts) bedarf. Dazu wird das Waschwasser durch die Neutralisations-Reaktoranlage geschickt, wo es auf den geforderten pH-Wert gebracht wird (siehe **Bild 8**). Durch gleichzeitige Dosierung von Oxydationsmitteln wird der Jodwert gesenkt. Zusätzlich wird die verbrauchte Natronlauge aus dem Gaswäscher dem Reaktor zugegeben und neutralisiert. Die verbrauchten Bäder (Konzentrate) wie Entwickler, Bleich-, Stopp-, Klär-, Fixier- und Stabilisierungsbäder werden in einer Reaktoranlage gesammelt und aufbereitet. Die Behandlung läuft mit automatisch gesteuerten Programmschritten ab. Im letzten Behandlungsschritt werden die als Schlamm angefallenen chemischen Schadstoffe durch Filtrieren vom Abwasser getrennt. Das Filtrat fließt zum Waschwasser und wird mittels der Neutralisations-Reaktoranlage in die Kanalisation der Stadtentwässerung geleitet. Die abgetrennten Schlammstoffe werden zu einer Sonderdeponie abgefahren.

Durch den Einsatz dieser Anlage wurde die Entsorgung der Abwässer aus dem Kopierwerk nach den Auflagen der Stadt Frankfurt erfüllt.

SCHRIFTTUM

- [1] Stepputat, U.: Die filmtechnischen Einrichtungen des Norddeutschen Rundfunks in Hamburg. Rundfunktechn. Mitt. 10 (1966), S. 136 bis 146.
- [2] Pffiff, J. A.: Fernsehgerechte Filmbearbeitung — Ein Bericht über das Filmkopierwerk des Österreichischen Rundfunks (ORF). Fernseh- u. Kinotechn. 30 (1976), S. 15 bis 16.
- [3] Schulze, O.; Grom, E.: Neues Filmkopierwerk im Fernsehbetriebsgebäude. Technische Blätter des SWF 10 (1967) Heft 1, S. 11 bis 18.
- [4] Meier, F. P. H.: Filmbearbeitung im Kopierwerk des Norddeutschen Rundfunks in Hamburg. Rundfunktechn. Mitt. 12 (1968), S. 273 bis 287.
- [5] Reither, K.: Verminderung gasförmiger Emissionen durch KT-Gaswaschanlagen. Z. „Wasser, Luft und Betrieb“, 1974, Heft 10.
- [6] Henn, G.: Die Behandlung von Abwässern aus Photokopieranstalten. Sonderdruck aus INPHO, 1975, Heft 1.

MODELLTECHNISCHE UNTERSUCHUNG DER ELEKTRISCHEN UND DER MAGNETISCHEN FELDSTÄRKE IM NAH- UND FERNFELD VON VERTIKALANTENNEN

VON GÜNTER POTSCHKAT¹

Manuskript eingegangen am 12. März 1979

Antennentechnik

Zusammenfassung

Diesem Bericht über experimentelle Untersuchungen an Modellantennen liegen etwa zehntausend Einzelmessungen zugrunde. Die Ergebnisse geben Aufschluß darüber, wie die magnetische und die elektrische Feldstärke in der azimutalen Ebene verteilt sind, und zwar im Nah- und Fernfeld sowie im dazwischenliegenden Übergangsbereich. Sie sind auf Antennen natürlicher Größe übertragbar. Die Untersuchungen umfassen Strahlerstandorte auf ebenem und abfallendem bzw. ansteigendem Gelände und erstrecken sich auch auf die Einwirkung der an den Strahlern angeordneten Pardunen.

Summary Investigation by means of models of the electric and magnetic field-strength in the near and distant fields of vertical aeriels.

This present report on experimental investigations on model aeriels is based on some ten thousand individual measurements. The results provide information about the distribution in the azimuthal plane of the magnetic and electric field-strength in the near and distant fields, as well as in the intermediate transition zone. The results can be applied to full-size aeriels. The investigations embrace aerial sites on flat as well as on rising and falling terrains, and they extend also to the effect of the stay-wires associated with the radiators.

Sommaire Etude des champs électrique et magnétique proche et lointain d'antennes verticales, à l'aide de modèles d'antennes

Ce compte rendu des expériences menées à partir de modèles d'antennes se base sur environ dix mille mesures. Les résultats montrent la répartition dans le plan horizontal des champs électrique et magnétique proche, lointain et intermédiaire. Ces résultats peuvent être transposés à des antennes en vraie grandeur. L'étude porte sur des sites d'antennes en terrain plat et en terrain accidenté; elle tient compte de l'influence des haubans.

1. Einleitung

Die Antennenmodellmeßtechnik bietet vielseitige Anwendungsmöglichkeiten. Bei der meßtechnischen Untersuchung der Feldverteilung vertikalpolarisierter, gegen Erde erregter Antennen wurde davon Gebrauch gemacht. Sie sollte den Erkenntnisstand über Bodenwellen derartiger Antennen erweitern. Von besonderem Interesse war die Bestimmung der elektrischen und der magnetischen Komponente des elektromagnetischen Feldes im bodennahen Bereich. Ihre Kenntnis ist auch bei der Beurteilung möglicher Gefährdungen, die unter bestimmten Voraussetzungen von Sendern großer Leistung ausgehen können, von Bedeutung.

2. Definition des Nah- und Fernfeldes

Anhand der Berechnungsformeln für die drei Feldkomponenten eines Hertzschen Dipols kann die Abstrahlung veranschaulicht werden. Bei den Monopolen, die den Messungen zugrunde liegen, gelten diese Überlegungen sinngemäß.

In Kugelkoordinaten lauten die Gleichungen der Feldkomponenten:

$$\underline{E}_r = \frac{Z_0 \cdot I \cdot l}{2\pi \cdot r^2} \cos\vartheta \left(1 + \frac{1}{j\beta r}\right)$$

$$\underline{E}_\vartheta = j \frac{Z_0 \cdot I \cdot l}{2r \cdot \lambda} \sin\vartheta \left(1 + \frac{1}{j\beta r} - \frac{1}{\beta^2 \cdot r^2}\right)$$

$$\underline{H}_\varphi = j \frac{I \cdot l}{2r \cdot \lambda} \sin\vartheta \left(1 + \frac{1}{j\beta r}\right)$$

Darin sind:

$Z_0 = 377 \Omega$ der Wellenwiderstand des freien Raumes
 r die Entfernung des Aufpunktes
 l die Dipollänge
 λ die Wellenlänge
 $\beta = 2\pi/\lambda$

Danach nimmt die elektrische Feldstärke zunächst, d. h. solange r klein ist, mit der dritten, die magnetische Feldstärke mit der zweiten Potenz der Entfernung ab. Außerdem sind in unmittelbarer Strahler-nähe die Vektoren des elektrischen und des magnetischen Feldes um nahezu 90° in der Phase verschoben. Das Feld wird in diesem Fall durch diejenigen Glieder in der Feldgleichung bestimmt, die r in der zweiten und dritten Potenz enthalten. Diese Terme tragen nicht zur Strahlung bei. Physikalisch bedeutet dies, daß im Nahfeldbereich vorwiegend Blindleistung umgesetzt wird. Mit größer werdendem Abstand überwiegen allmählich die Glieder mit $1/r^2$ und $1/r$.

Die Phase zwischen den beiden Vektoren $\underline{E}_\vartheta$ und $\underline{H}_\varphi$ verringert sich entsprechend und geht gegen 0° , wenn r so groß geworden ist, daß nur noch die Terme, die den Faktor $1/r$ in der ersten Potenz enthalten, von Bedeutung sind. Hier ist das eigentliche Strahlungsgebiet, das Fernfeld, erreicht, in welchem die verbleibenden beiden Felder

$$\underline{E}_\vartheta = j \frac{Z_0 \cdot I \cdot l}{2r \cdot \lambda} \sin\vartheta$$

und

$$\underline{H}_\varphi = j \frac{I \cdot l}{2r \cdot \lambda} \sin\vartheta = \frac{\underline{E}_\vartheta}{Z_0}$$

phasengleich sind.

¹ Ing. (grad.) Günter Potschkat ist Mitarbeiter im Arbeitsbereich Antennentechnik im Institut für Rundfunktechnik, München.

Eine in der Praxis häufig verwendete Formel für die Feldstärke ist:

$$\frac{E}{V/m} = \frac{300 \sqrt{N_s/kW}}{d/m}$$

Sie gilt streng nur bei Freiraumausbreitung in Hauptstrahlrichtung.

3. Theoretische Zusammenhänge der Strahler und Meßvorgänge

Bei der Beschreibung zu untersuchender Strahler und vorbereitender Meßaufgaben wird die Theorie physikalischer Größen und der Meßvorgänge soweit behandelt, wie dazu ein unmittelbarer Bezug besteht.

3.1. Physikalische Größen der Strahler

3.1.1. Strahlerlängen und Schlankheitsgrade

Die ausgewählten Strahlerlängen, durch ein spezielles Verhältnis ihrer Länge zur Wellenlänge gekennzeichnet, beschränkten sich im wesentlichen auf solche, die auch in der Wirklichkeit verwendet werden bzw. in der Antennentheorie Gegenstand mathematischer Betrachtung sind. Bedingt durch die Strahlerlänge stellt sich eine bestimmte Stromverteilung ein, die wiederum für die Form des Vertikaldiagramms ausschlaggebend ist.

Da auch der Antennendurchmesser einen maßgebenden Einfluß auf die Antenneneigenschaften besitzt, sollte sein Einfluß auf die Feldverteilung ebenfalls untersucht werden. Das geometrische Verhältnis von Strahlerlänge zu Strahlerdurchmesser l/d wird definitionsgemäß mit Schlankheitsgrad bezeichnet (**Tabelle 1**). Der in der Meßreihe unter anderem vorkommende Strahlerdurchmesser von 0,5 cm entspricht bei dem Modellmaßstab 1 : 300 dem wirklichen Mastdurchmesser einer MW-Antenne von 1,5 m.

d/cm	0,1	0,5	0,10	0,20
l/cm				
10	100	20	10	5
25	250	50	25	12,5
37,5	375	75	37,5	18,75
50	500	100	50	25
62,5	625	125	62,5	31,25

Tabelle 1

Schlankheitsgrade l/d für verschiedene Strahlerlängen l und Durchmesser d

3.1.2. Verkürzungsfaktoren

Die geometrische Länge einer Antenne mit endlichem Schlankheitsgrad ist stets kleiner, als die sich rechnerisch aus der Abstimmfrequenz ergebende elektrische Länge. Nur bei unendlich dünnen Drähten oder Stäben sind geometrische und elektrische Länge theoretisch identisch. In der Antennentheorie werden vielfach unendlich dünne Leiter zugrunde gelegt, da auf ihnen eine rein sinusförmige Stromverteilung angenommen werden kann. Praktisch ausgeführte Antennen können natürlich nicht unendlich dünn sein; man muß deshalb mit einem Verkürzungsfaktor rechnen, um aus der elektrischen die richtige geo-

metrische Antennenlänge zu erhalten. Eine zunehmende Vergrößerung des Strahlerdurchmessers führt dazu, daß in erhöhtem Maße Strom in die Endflächen des Stabes hineinfließt. Diese Endflächen stellen also eine kapazitive Last dar und verursachen eine elektrische Verlängerung des Antennenleiters. Der Verkürzungsfaktor ist eine Funktion des Schlankheitsgrades und der auf die Wellenlänge bezogenen Antennenlänge $V = f(l/d, l/\lambda)$.

Tabelle 2 enthält Verkürzungsfaktoren, die – bei Resonanzlängen aus Messungen – für andere Längen mit Hilfe von Rechenverfahren [1] gewonnen wurden.

d/cm	0,1	0,5	0,10	0,20
l/λ				
0,1	0,99	0,99	0,98	0,96
0,25	0,97	0,93	0,915	0,88
0,357	0,935	0,91	0,855	0,815
0,5	0,96	0,915	0,875	0,835
0,625	0,98	0,935	0,93	0,89

Tabelle 2

Verkürzungsfaktoren für verschiedene Strahlerlängen l/λ als Funktion der Durchmesser

3.1.3. Strahlereingangswiderstände

Der Eingangswiderstand eines Strahlers beliebiger Höhe charakterisiert einerseits seine physikalischen Eigenschaften und stellt andererseits die Grundlage für die Bemessung des Anpassungsnetzwerkes dar. Er ist am Speisepunkt des Strahlers meßbar und weist eine sehr große Frequenzabhängigkeit auf. Mit zunehmendem Strahlerdurchmesser wird der Eingangswiderstand kleiner, und die Stromverteilung weicht immer mehr vom Sinusverlauf ab.

Stellt man am Speisepunkt gemessene Wirk- und Blindwiderstände als Funktion der Frequenz in einer komplexen Widerstandsebene dar, so erhält man als Ortskurve das sog. Spiraldiagramm des Antennenwiderstandes. Daraus ist erkennbar, daß der Antennenwiderstand nur an einigen Kurvenpunkten, nämlich an den Resonanzstellen $n \cdot 0,25 \lambda$ ($n = 1, 2, 3, \dots$) rein ohmsch ist.

Im vorliegenden Fall wurden die durch Impedanzmessung ermittelten Eingangswiderstände von allen 20 Strahlern im interessierenden Bereich als Ortskurven dargestellt und standen somit für die Berechnung der Anpassungsglieder zur Verfügung. Besonders deutlich zeigt sich hier, daß Antennen gleicher elektrischer Länge, aber verschiedenen Schlankheitsgrades sehr unterschiedliche Eingangswiderstände aufweisen.

3.2. Anpassung der Strahler und Sonden

Um alle bei den verschiedenen Antennen durch Messung erhaltenen Ergebnisse miteinander vergleichen zu können, ist eine sehr genaue Anpassung der Strahler an den Generator erforderlich. Unter Anpassung versteht man die Verbindung eines Generators mit einem Verbraucher, deren Ausgangs- bzw. Eingangsimpedanzen voneinander abweichen, mittels Transformationsnetzwerk in einer solchen Weise, daß die maximale Leistung übertragen wird. Genauso wichtig ist natürlich die Anpassung einer Empfangs-

antennen-Sonde an einen Verstärker zur Erzielung größter Empfindlichkeit und eines reflexionsfreien Anschlusses. Hierbei haben die abstimmbaren Elemente des Anpassungsnetzwerkes die Aufgabe, den am Speisepunkt (Fußpunkt) einer Antenne auftretenden frequenzabhängigen Widerstand an den frequenzunabhängigen Wellenwiderstand des HF-Übertragungskabels bzw. Generators oder Empfängers anzupassen.

In der Sendertechnik wird zur Anpassung üblicherweise ein T-Glied verwendet (**Bild 1**).

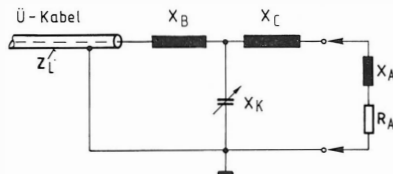


Bild 1
Anpassungsnetzwerk

Darin sind

Z_L = Wellenwiderstand des Übertragungskabels

X_B = Reaktanz der Kabelspule

X_K = Reaktanz des Koppelkondensators

X_C = Reaktanz der Antennenspule

R_A = realer Anteil des Antennenwiderstandes

X_A = Imaginärer Anteil des Antennenwiderstandes.

Mit einem solchen Netzwerk ist die Anpassung jedes praktisch vorkommenden Antennenwiderstandes möglich.

Das aus den Blindwiderständen X_B , X_C und X_K bestehende T-Glied wird so bemessen, daß es durch Einbeziehung der Blindkomponente X_A des Eingangswiderstandes symmetrisch wird, d. h.

$$X_B = X_C + X_A$$

Weiterhin muß der Eingangswiderstand R_A der Antenne auf den Wellenwiderstand Z_L des Übertragungswiderstandes transformiert werden. Bei Verwendung von reinen Blindwiderständen im T-Glied führt das zu den Forderungen

$$X_B = -X_K$$

und

$$X_K = \sqrt{R_A \cdot Z_L}$$

so daß

$$X_K = -X_B = -(X_C + X_A) = \sqrt{R_A \cdot Z_L}$$

wird.

Um sicherzustellen, daß die reinen Blindwiderstände des T-Gliedes genügend verlustarm sind, wurden für die Modellmessungen hochwertige Luftdrehkondensatoren und Luftspulen verwendet. Auf das Strahlungsfeld der Antenne haben die Anpassungs- und Abstimmittel keinen Einfluß.

3.2.1. Funktion und Aufbau der Richtantenne

Richtantennen verwendet man, wenn eine gleichmäßige Abstrahlung der Sendeenergie in alle Azimutalrichtungen unerwünscht ist. Die gewünschte Richt-

wirkung erhält eine Antenne dadurch, daß mehrere Einzelstrahler, die geeignet dimensioniert sind und zweckmäßig gespeist werden, zu einem Antennensystem zusammengefaßt werden.

Die von einer solchen Richtantenne ausgestrahlten elektromagnetischen Wellen werden unter bestimmten Raumwinkeln verstärkt, unter anderen hingegen vollständig ausgelöscht. Verstärkung und Auslöschung infolge Interferenz beruhen auf Phasenunterschieden, die die interferierenden Wellen an einem Betrachtungspunkt P wegen der Phasenrelation bei der Einspeisung und infolge verschiedener zurückgelegter Wegstrecken (r und $r + \Delta r$) haben (**Bild 2**).

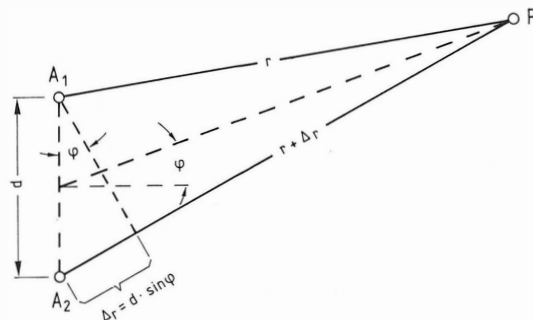


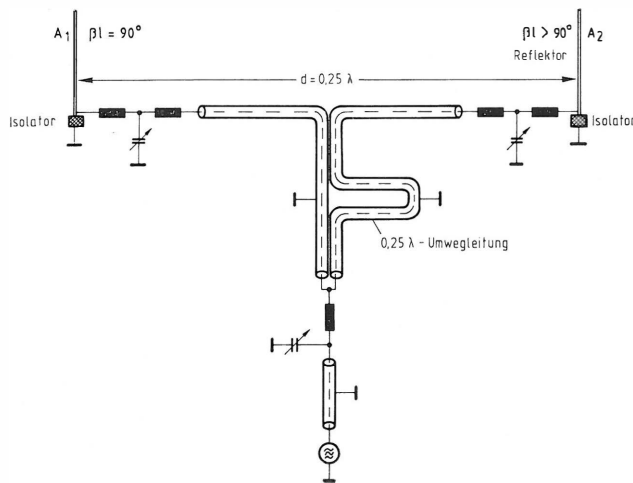
Bild 2
Schema zur Darstellung der Weglängendifferenz

Ein Phasenunterschied von 0° bedeutet im Fernfeld eine skalare Addition der beiden Feldvektoren, ein Phasenunterschied von 180° verursacht eine skalare Subtraktion, d. h. bei gleicher Amplitude eine totale Auslöschung. In allen Richtungen, in denen die Phasendifferenzen von 0° oder 180° abweichen, müssen die Amplituden geometrisch addiert werden. Die Darstellung der relativen Amplituden in der Äquatorialebene ist als Horizontalcharakteristik der Richtantenne bekannt.

Das Richtdiagramm einer aus zwei Strahlern gleicher Länge bestehenden Antenne kann auch dadurch beeinflußt werden, daß der die Hauptstrahlrichtung bestimmende Strahler (Direktor oder Reflektor) mit einer zusätzlichen Abstimmuschaltung versehen wird, welche die elektrische Länge und damit die Phasenlage des Stromes gegenüber dem anderen Strahler exakt einstellt. Verzichtet man auf besondere Abstimmittel beim betreffenden Strahler, so kann dieser Effekt auch dadurch erreicht werden, daß der eine der beiden Strahler gegenüber der Resonanzlänge geringfügig verkürzt wird – kapazitive Blindkomponente (Direktor) – oder verlängert wird – induktive Blindkomponente (Reflektor).

Bei den Modellmessungen wurde unter anderem auch eine Richtantenne untersucht, die aus zwei parallelen, im Abstand $d = 0,25 \lambda$ angeordneten Antennen besteht, die jeweils eine Höhe von $0,25 \lambda$ besitzen und mit gleicher Amplitude, aber einer Phasenverschiebung von 90° erregt werden (**Bild 3**). Ihr Horizontaldiagramm besitzt die Form einer Kardioiden.

Aus meßtechnischen Gründen war es zweckmäßig, bei der relativ hohen Meßfrequenz die Methode der Strahlverlängerung anzuwenden. Für den als Reflektor fungierenden Strahler ergab sich somit eine elektrische Länge von $\beta \cdot l + \Delta\beta \cdot l \approx 95^\circ$.

**Bild 3**

Schaltanordnung einer doppeltgespeisten Richtantenne
mit Anpassungsgliedern und Phasenumwegleitung

3.2.2. Anordnung und Einfluß der Pardunen

Die Abspannungen (Pardunen) selbstschwingender Antennenmaste bedürfen sorgfältiger Planung, und zwar hauptsächlich, damit die vom Mast aus elektrisch erregten und daher mitschwingenden Abspannseile die Abstrahlung nicht ungünstig beeinflussen, indem sie Strahlungsverluste und Unrundheiten der Strahlungsdiagramme verursachen. Eine Unterteilung der Pardunen in kurze Abschnitte mittels Isolatoren genügt, um derartige Nachteile zu vermeiden. Doch sind dem aus statischen Gründen (Gewicht der Isolatoren) auch Grenzen gesetzt.

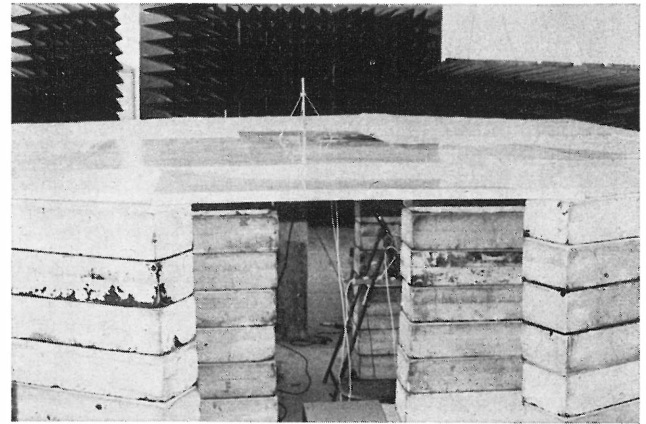
Eine Sonderstellung nehmen solche Antennen ein, deren eigentliche Aufgabe darin besteht, als Trägermast für UKW- und Fernsehantennen zu dienen und die erst nachträglich zur MW-Abstrahlung herangezogen werden. Sie sind am Fußpunkt geerdet, ebenso sind sämtliche Pardunen geerdet und nicht unterteilt. Ihre Einspeisung wird an einem höher gelegenen Punkt des Mastes vorgenommen.

4. Meßbedingungen und Meßanordnung

Die Wahl des Modellmaßstabes (1 : 300) und der Modellfrequenz (300 MHz) erfolgte unter Berücksichtigung der Abmessungen einer als Antennenlabor eingerichteten Traglufthalle und der Aufgabenstellung. Auf wirkliche Verhältnisse übertragen, entsprechen diese Zahlengrößen einer MW-Frequenz von 1 MHz.

Um Reflexionsstrahlung aus der Hallenumgebung zu verhindern, ist die Halleninnenwand mit HF-Absorberwänden ausgestattet. Vergleicht man ihren Reflexionsfaktor bei schrägem Strahleinfall und einer Meßfrequenz von 300 MHz mit der vollständigen Rückstrahlung (100 %) einer Metallfläche, so erhält man einen Wert von 3 %. Die in die Absorberwände eindringende Energie wird durch sie um 30 dB gedämpft.

Einen wesentlichen Bestandteil des Meßaufbaus bildete ein aus Metallplatten und einem Metallnetz bestehendes ebenes Erdnetz von über 6 m Durchmesser (Bild 4).

**Bild 4**

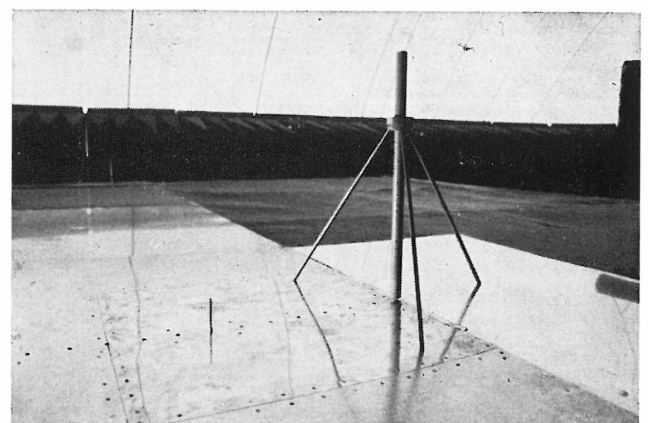
Gesamtansicht des Meßaufbaus

Zur Nachbildung von abfallendem und ansteigendem Gelände war jede Hälfte des Erdnetzes um eine zur Verbindungslinie Sender – Empfänger senkrechte Symmetrieachse schwenkbar. Zur Abschirmung der zu untersuchenden Antennenobjekte gegen Personen, Meßgeräte und Hilfsmittel war das Erdnetz über dem Boden im Abstand von Personengröße montiert. Die Unterbringung der zu den Antennen-Abstimmitteln gehörenden Schaltelemente und Leitungen unterhalb des Erdnetzes gewährleistete eine behinderungsfreie Abstrahlung der jeweils auf dem Erdnetzmittelpunkt stationierten Strahler (Bild 5).

Die Meßpositionen der Sondenantennen waren in definierten Abständen von $0,05 \lambda$ vom Strahlerstandort angeordnet, die Sondenantennen stets senkrecht orientiert. Die Sondengehäuse wurden unterhalb des Erdnetzes längs der Meßstrecke seitlich in Schienen geführt und mit einem Federmechanismus von unten gegen die Erdplatte gedrückt.

5. Ausführung verwendeter Sonden

Das Fernfeld eines auf unendlich gut leitendem Boden positionierten Monopols enthält, dargestellt in Kugelkoordinaten, nur die Feldstärkekomponenten E_θ und H_ϕ . Zur Erfassung dieser Komponenten wurde eine Stabsonde bzw. eine abgeschirmte magnetische Schleife verwendet.

**Bild 5**

Vergrößerter Ausschnitt von Sendeantenne und Sonde

Von einer Feldabtastsonde verlangt man, daß sie so gering wie möglich ins Feld eintaucht, um Feldverzerrungen zu vermeiden. Es muß darüber hinaus gewährleistet sein – dies gilt besonders für den Nahbereich des Strahlers –, daß keine merkbare Strahlungskopplung zwischen der Sonde und der zu messenden Antenne eintritt, also keine Rückwirkung auf den Eingangswiderstand der Antenne verursacht wird. Der entsprechende Nachweis kann besonders gut mit einem Impedanzmeßgerät geführt werden. Es reagiert im angepaßten Zustand mit seiner Anzeige sehr empfindlich, wenn auf eine an seinem Eingang angeschlossene Antenne ein Störeinfluß eingekoppelt wird.

Zur Messung der elektrischen Feldverteilung im Nahbereich des Strahlers diente eine kapazitive Sonde mit einem kurzen Stab (kapazitiver Blindwiderstand) von 2,5 cm Höhe = $0,025 \lambda$ und außerhalb des Nahbereichs eine Sonde mit einem Stab von 5 cm Höhe = $0,05 \lambda$ (etwa 10 dB empfindlicher). Die Messung der magnetischen Komponente erfolgte mit einer unsymmetrischen Induktionsschleife, deren Höhe ebenfalls $0,025 \lambda$ betrug. Um zu verhindern, daß auf der Schleife neben magnetischen auch elektrische Feldanteile wirksam werden können, ist die Schleife elektrisch abgeschirmt. Die Abschirmung ist durch einen Schlitz in der Querschnittsebene unterbrochen, um eine gleichzeitige magnetische Abschirmung zu vermeiden.

Beide Sonden enthalten in abgeschirmten Gehäusen Anpassungsglieder, deren Aufgabe darin besteht, einen absolut reflexionsfreien Anschluß an das Übertragungskabel zum Meßempfänger herzustellen.

6. Eichung der Meßsonden

Alle nachfolgend angegebenen Feldstärkewerte E und H sind Absolutwerte. Sie wurden nach Eichung der verwendeten Meßsonden in einem homogenen Meßfeld aus gemessenen Feldstärken errechnet.

Im homogenen Meßfeld, dem Strahlungsfeld einer Antenne, das durch Phasengleichheit zwischen elektrischem und magnetischem Feld gekennzeichnet ist, sind die Komponenten beider Feldstärken über den Wellenwiderstand Z_0 des freien Raumes verknüpft. Damit ist freigestellt, entweder die elektrische Feldstärke mit Stabantenne oder die magnetische Feldstärke mit einer elektrisch abgeschirmten Rahmenantenne zu ermitteln.

In einem homogenen Strahlungsfeld mit bekannter elektrischer Feldstärke E wird in einem Leiter eine Leerlaufspannung U_{ind} induziert, deren Größe von der effektiven Höhe h_{eff} des Leiters abhängt:

$$U_{ind} = E \cdot h_{eff}$$

Für den Gültigkeitsbereich kurzer Strahler (einschließlich $\lambda/4$) ist seine effektive Höhe kleiner als seine Länge. Sie ergibt sich, wenn man den Leiter der Längel mit seinem tatsächlichen Strombelag rechnerisch durch einen Leiter der Länge h_{eff} mit konstantem Strombelag ersetzt.

Die effektive Höhe einer $\lambda/4$ -Antenne über unendlich gut leitendem Boden ist $h_{eff} = \lambda/2\pi$ und war bei den Modellmessungen ($\lambda = 1 \text{ m}$) : $h_{eff} = 1/2\pi = 0,159 \text{ m}$.

Nunmehr läßt sich die Größe der Feldstärke eines unbekannten Meßfeldes über die bekannte effektive Höhe einer $\lambda/4$ -Stabantenne aus der gemessenen Leerlaufspannung ermitteln und beträgt

$$\frac{E}{V/m} = \frac{U_{ind}/V}{h_{eff}/m}$$

Nach Abschluß der Messungen relativer elektrischer und magnetischer Feldstärken erfolgte die Eichung der bei der Messung verwendeten E- und H-Meßsonden in einem homogenen Meßfeld.

Die Hauptelemente des Eichfeldes waren ein auf dem Boden der Meßhalle ausgebreitetes Erdnetz aus Cu-Geflecht mit den Abmessungen $13 \lambda \cdot 3,5 \lambda$ und eine gegen Erde erregte Stabantenne zur Strahlungserzeugung. Eine $\lambda/4$ -Stabantenne diente als Empfangs-Eichantenne zur Feldstärkebestimmung. Die ermittelten Umrechnungsfaktoren für die relative Feldstärke erlaubten eine Berechnung der absoluten Feldstärke in V/m bzw. A/m.

Die Eichung des Meßfeldes erfolgte zur Überprüfung des kontinuierlichen Verlaufs der Feldstärkeabnahme mit der Entfernung d in einem Bereich zwischen 5λ und 10λ an 11 Meßpunkten. Die induzierte Spannung an der $\lambda/4$ -Eichantenne betrug in einer Entfernung von

$$5 \lambda : U_{ind} = 300 \text{ mV} \cong 109,5 \text{ dB} (\mu\text{V}),$$

$$10 \lambda : U_{ind} = 150 \text{ mV} \cong 103,5 \text{ dB} (\mu\text{V}) \text{ (Bild 6) .}$$

Daraus resultieren folgende Absolutwerte der Feldstärke E :

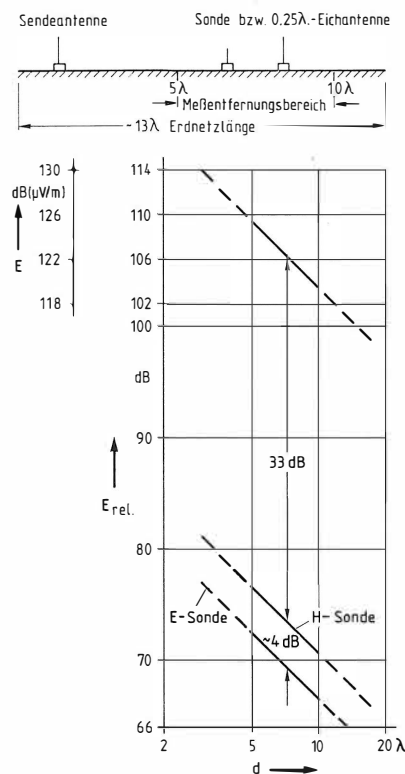


Bild 6

Homogenes Strahlungsfeld, geeicht in Feldstärke V/m bzw. dB ($\mu\text{V/m}$), zur Eichung der verwendeten Meßsonden

E_{rel} = relative Feldstärke in dB über Bezugswert
 E = elektrische Feldstärke in dB ($\mu\text{V/m}$)

$$\text{Für } d = 5 \lambda \text{ ist } E = \frac{U_{\text{ind}}}{h_{\text{eff}}} = \frac{0,300 \text{ V}}{0,159 \text{ m}} = 1,9 \text{ V/m} \triangleq 125,6 \text{ dB } (\mu\text{V/m}) ,$$

$$\text{für } d = 10 \lambda \text{ ist } E = \frac{0,150 \text{ mV}}{0,159 \text{ m}} = 0,95 \text{ V/m} \triangleq 119,6 \text{ dB } (\mu\text{V/m}) .$$

Die im genannten Meßentfernungsbereich durchgeführte Eichung der Sonden ergab für die H-Sonde eine um $\approx 4 \text{ dB}$ größere Empfindlichkeit als für die E-Sonde mit $h = 0,05 \lambda$.

Unter Berücksichtigung der Durchgangsdämpfung der verwendeten Eichleitung und der Leitungsdämpfungen der Sondenzuleitungen wurde ein Faktor zur Umrechnung der relativen Feldstärke E_{rel} in absolute Feldstärke E von 33 dB für die H-Sonde und von 37 dB für die E-Sonde ermittelt.

7. Art und Umfang der Messungen

Die Untersuchungen erstreckten sich auf die folgenden Parameter:

- Die Feldverteilung der **elektrischen** und der **magnetischen** Komponente von vertikalen Einzelstrahlern verschiedenen Schlankheitsgrades auf ebenem Gelände.
Strahlerlängen (in λ): 0,1; 0,25; 0,375; 0,5; 0,625
Strahlerdurchmesser (in cm): 0,1; 0,5; 1; 2
- Der Einfluß der Geländeneigung (5° ; 10° ; 15°) bzw. des Geländeanstiegs (5°) auf die Feldverteilung der **elektrischen** Komponente am Beispiel der Strahlerlängen 0,25 λ und 0,625 λ .
Strahlerdurchmesser: 0,5 cm
- Der Einfluß von Pardunen auf die Feldverteilung der **elektrischen** Komponente am Beispiel eines 0,625- λ -Strahlers.
Strahlerdurchmesser: 0,5 cm
- Die Feldverteilung der **elektrischen** und der **magnetischen** Komponente an einer doppeltgespeisten Richtantenne auf ebenem Gelände.
Strahlerlängen: 0,25 λ
Strahlerdurchmesser: 0,5 cm
Phasenumweg: 90°
Strahlerabstand: 0,25 λ
- Der Einfluß der Geländeneigung (5° ; 10° ; 15°) bzw. des Geländeanstiegs (5°) auf die Diagramme der **elektrischen** und der **magnetischen** Komponente.

Modellmeßdaten

Maßstab:	1 : 300
Meßfrequenz:	300 MHz (entspricht einer Originalfrequenz von 1000 kHz)
Wellenlänge:	1 m
Sendeleistung:	1 W
Erdnetzradius:	$> 3 \text{ m} \triangleq > 3 \lambda$
Stablänge der E-Empfangs-sonde:	0,05 λ und 0,025 λ
Rahmenhöhe der H-Empfangs-sonde:	0,025 λ

8. Ergebnisse

8.1. Experimentelle Bestimmung der Nahfeldradien bei verschiedenen Strahlerlängen

Stellt man die gemessenen Feldstärkewerte der elektrischen und der magnetischen Komponente als Funktion der Entfernung in linearlogarithmischen Koordinaten dar, so ist unmittelbar zu ersehen, in welcher relativen Entfernung r/λ vom Strahler die Proportionalität zwischen der Feldstärke und $1/r$ gemäß der Formel für die Fernausbreitung eintritt. Darüber hinaus erkennt man am übereinstimmenden Verlauf der E- und der H-Komponente im Fernfeld, welche Meßgenauigkeiten erzielt werden können, wenn bei der Meßdurchführung die erforderliche Sorgfalt aufgewendet wird. Eine Gegenüberstellung zu Berechnungen mit Näherungsformeln, die von der Theorie der Abstrahlung vom Elementardipol mit der sich daraus ergebenden Begriffsbestimmung für das Antennennahfeld und die Fernfeldregion abgeleitet wird, ist ebenfalls möglich (**Bild 7**).

Danach beginnt das Fernfeld angenähert in einem Abstand

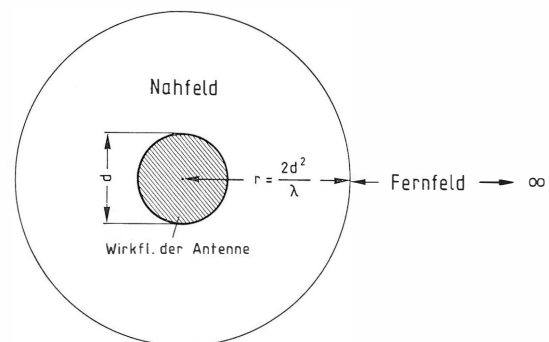


Bild 7

Begriffsbestimmung Nahfeld — Fernfeld

$r/\text{m} = 2d^2/\lambda$ von der Antenne, mit

d/m = größte lineare Ausdehnung des Strahlersystems unter Berücksichtigung der Spiegelung ($d = 2h$ bei Monopolen) und

h/m = Höhe des Monopols.

Die Entfernungen bis zum Beginn des Fernfeldes für fünf verschiedene Strahlerlängen (Monopole), die experimentell ermittelt oder näherungsweise berechnet wurden, sind in **Tabelle 3** zusammengestellt.

l/λ	Nahfeldradius r			
	gemessen		berechnet	
	m	λ	m	λ
0,1	150	0,5	24	0,08
0,25	300	1,0	150	0,5
0,375	360	1,2	337	1,1
0,5	450	1,5	600	2
0,625	690	2,3	937	3,1

Tabelle 3

Vergleich der Messung und Berechnung des Nahfeldradius r für Strahler verschiedener Länge l/λ .
Die Angaben beziehen sich auf die MW-Frequenz von 1 MHz

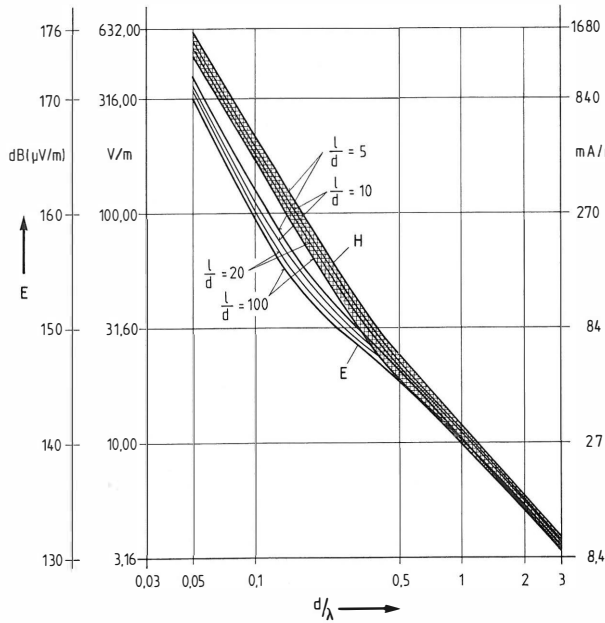


Bild 8a
 $l = 0,1 \lambda$

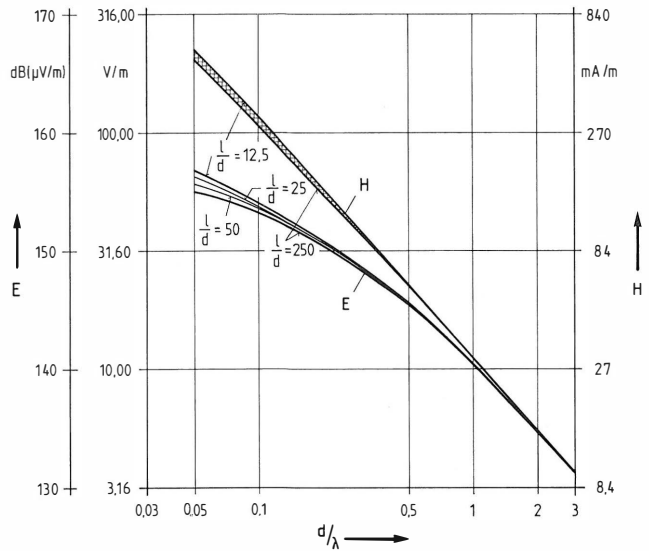


Bild 8b
 $l = 0,25 \lambda$

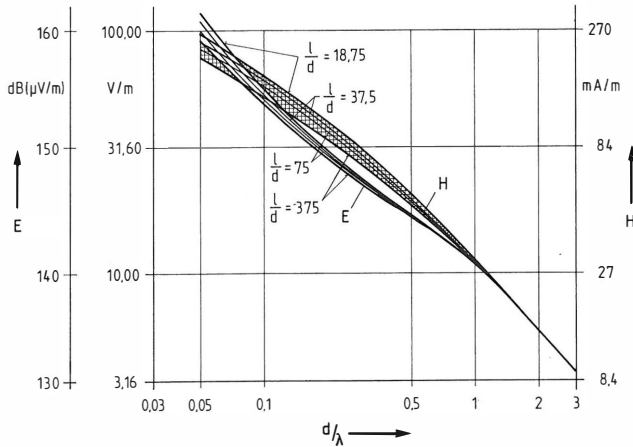


Bild 8c
 $l = 0,375 \lambda$

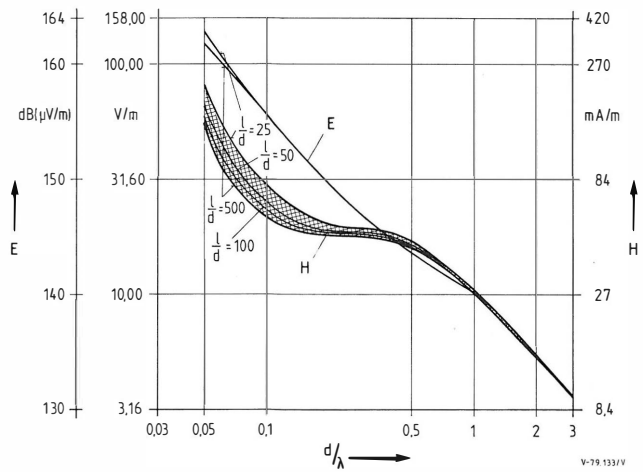


Bild 8d
 $l = 0,5 \lambda$

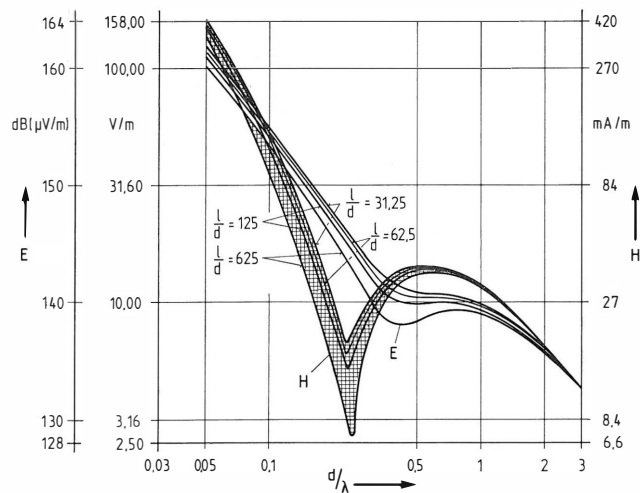


Bild 8e
 $l = 0,625 \lambda$

Bild 8
Feldstärke der elektrischen Komponente E und der magnetischen
Komponente H als Funktion der Entfernung d/λ an Strahlern
verschiedener Länge
Parameter: Schlankheitsgrad l/d

Aus ihr geht hervor, daß die Näherungsformel kaum mehr als einen groben Anhalt zur Abschätzung der wirklichen Verhältnisse bietet. Es gibt nur eine ungefähre Übereinstimmung bei der Strahlerlänge $0,375 \lambda$. Bei kurzen Strahlern ($0,1 \lambda$; $0,25 \lambda$) liegen die Entfernungen nach der Berechnung zu niedrig, bei längeren ($0,5 \lambda$; $0,625 \lambda$) zu hoch.

8.2. Diskussion der gemessenen Feldstärkewerte für die E- und die H-Komponente bei verschiedenen langen Strahlern

Die Feldstärken stehen in Strahlernähe im umgekehrten Verhältnis zu seiner Länge. Der Grund dafür liegt darin, daß mit kürzer werdendem Strahler die Feldkonzentration zunimmt, da allen Strahlern die gleiche Leistung zugeführt wird und noch keine Energieströmung in den Raum stattfindet. Im Fernfeld wirken sich dann die mit zunehmender Strahlerlänge größer werdenden effektiven Höhen (Längen) aus und erlauben eine Beurteilung des Antennengewinns (Bilder 8a bis 8e).

Der unterschiedliche Verlauf der E- und der H-Feldkomponenten im Nahfeld ist auf die unterschiedlichen Strombeläge auf den einzelnen Strahlern zurückzuführen (Bild 9). Die Verteilung des Stromes auf einer Antenne ist in erster Linie eine Funktion der relativen Länge l/λ . Sie bildet sich vom freien Antennenende aus; an dieser Stelle hat der Strom einen Knoten (Stromminimum), die Spannung aber ein Maximum. Die Verteilung des Stromes auf der Antenne ist nahezu sinusförmig, so daß der Strom im Antennenfußpunkt sich nach der Strahlerlänge richtet. Die Strahlerbereiche mit den größten Strombelägen verursachen in ihrer Nähe die größten magnetischen Feldstärken, die Strahlerbereiche mit kleiner Strombelegung, also einem Spannungsmaximum, haben eine hohe elektrische Feldkomponente zur Folge. Auf diese Weise stellen sich je nach Strombelag am Strahlerfußpunkt die Größen der Komponenten des elektromagnetischen Feldes in Bodennähe ein.

Über ein Spannungsmaximum am Antennenfußpunkt verfügt der $0,5\text{-}\lambda$ -Strahler. Die kurzen Strahler $0,1 \lambda$ und $0,25 \lambda$ weisen den maximal auf ihrer Länge auftretenden Strombelag am Fußpunkt auf. Bei den Strahlern $0,375 \lambda$ und $0,625 \lambda$ unterscheiden sich Strom und Spannung am Fußpunkt im Verhältnis zu ihren Maximalwerten nur geringfügig voneinander. Wei-

tere Kurvenmerkmale sind die Wendepunkte im Verlauf der magnetischen Feldstärke des $0,5\text{-}\lambda$ - und im Verlauf beider elektromagnetischen Komponenten des $0,625\text{-}\lambda$ -Strahlers.

Die Strahlungsanteile, die zur Bildung der magnetischen Komponente des $0,5\text{-}\lambda$ -Strahlers beitragen, besitzen offenbar bereits unterschiedliche Phasen und Amplituden. Die Einzüge im Kurvenverlauf beider Feldstärken des $0,625\text{-}\lambda$ -Strahlers sind deutliche Kennzeichen solcher interferierenden Strahlungsanteile. Ihre Ursachen liegen darin, daß die von den einzelnen Strahlerabschnitten erzeugten Feldstärken verschiedene Größe und Phase besitzen und Laufzeitdifferenzen aufweisen. Das führt in bestimmten Entfernungen zu einer Addition, in anderen zu einer teilweisen oder vollkommenen Auslöschung der Feldstärken. Beim $0,625\text{-}\lambda$ -Strahler vollzieht sich in 45° Höhe über dem Fußpunkt eine Phasenumkehr. Die Amplitude des Strombelags am Fußpunkt hat hierbei einen Wert, der dem eines $0,125\text{-}\lambda$ -Strahlers entspricht.

8.3. Einfluß des Schlankheitsgrades auf den Feldstärkeverlauf der E- und der H-Komponente

Bei den Messungen über ebenem Erdnetz bei verschiedenen Strahlerlängen hat sich herausgestellt, daß Schlankheitsunterschiede einen Einfluß auf den Feldstärkeverlauf der E- und der H-Komponente im Nahfeld ausüben, der aber z. T. nur gering ist. Sie verlieren ihren Einfluß mit zunehmender Entfernung vom Strahler und sind außer beim sehr kurzen Strahler ($0,1 \lambda$) im Fernfeld nicht mehr nachweisbar. Weiter konnte festgestellt werden, daß bei großen Strahlerdurchmessern (kleine Schlankheitsgrade) in allen untersuchten Fällen höhere H- und E-Feldstärkewerte auftreten als bei kleinem Durchmesser. Sie dürften darauf zurückzuführen sein, daß mit zunehmendem Antennendurchmesser die kapazitiven Belastungen an den Antennenflächen wachsen. Die Strombeläge auf der Antenne sind dann nicht mehr sinusförmig verteilt. Der Strom im Speisepunkt nimmt höhere Werte an und der Fußpunkt Widerstand sinkt (Bilder 8a bis 8e).

8.4. Paraduneneinfluß auf die E-Komponente bei der Strahlerlänge $0,625 \lambda$

Die Auswirkungen praktisch vorkommender Paradenanordnungen auf die Strahlungsverteilung am

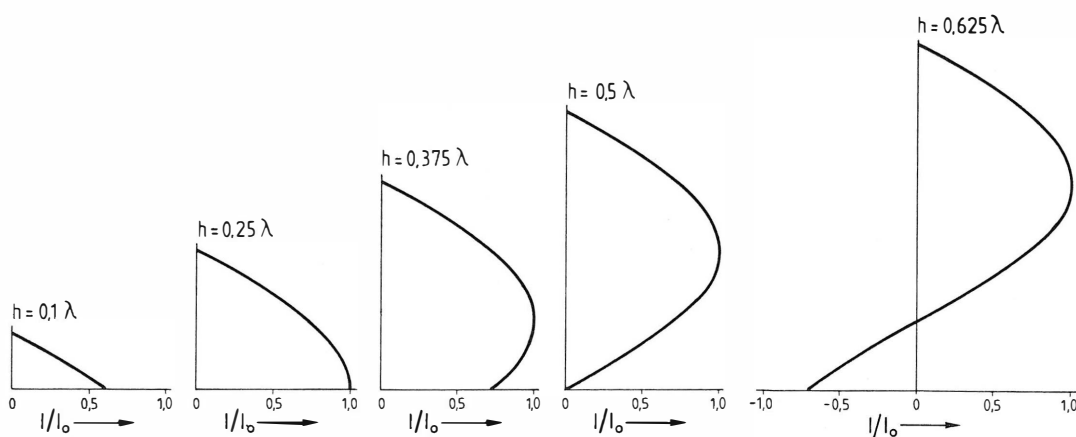


Bild 9
Stromverteilung auf Antennen verschiedener Höhe h

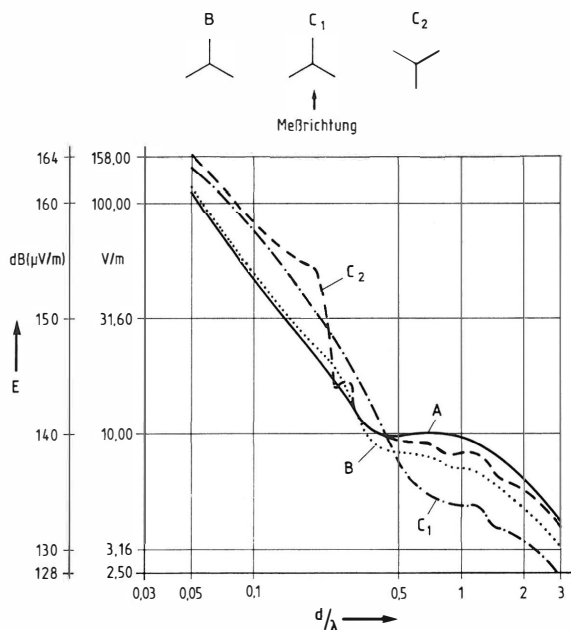


Bild 10

Einfluss von Pardunen auf den Feldstärkeverlauf der elektrischen Komponente E als Funktion der Entfernung d/λ an einem $0,625\lambda$ -Strahler ($l/d = 125$)

A: Strahler ohne Pardunen

B: Strahler mit Pardunen, durch Isolatoren unterteilt, nach Vorbild MW-Sender Ismaning

C_1 und C_2 : Strahler mit geordneten und nicht unterteilten Pardunen

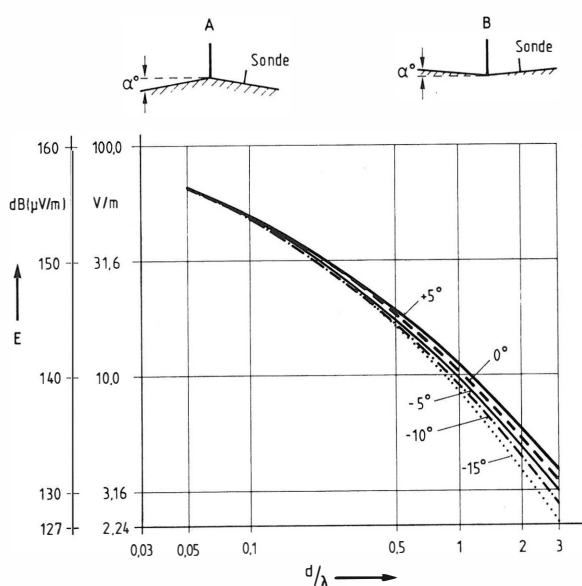
Beispiel einer $0,625\lambda$ -Antenne sind den Meßergebnissen in **Bild 10** zu entnehmen. Sie sind im Vergleich zu einem Mast dargestellt, der keine Pardunen besitzt oder der mit nichtleitenden Abspannungen versehen ist.

Aufgrund zahlreicher früherer Messungen ist bekannt, daß – je nach Strombelegung der Antenne – unterteilte und isolierte Pardunen im Fernfeld Unrundheiten des Horizontaldiagramms bis etwa ± 1 dB verursachen. Bei Trägermasten, deren Pardunen nicht isoliert sind, die aber trotzdem zur MW-Strahlung genutzt werden, beträgt die Unrundheit im Fernfeld bis etwa ± 2 dB.

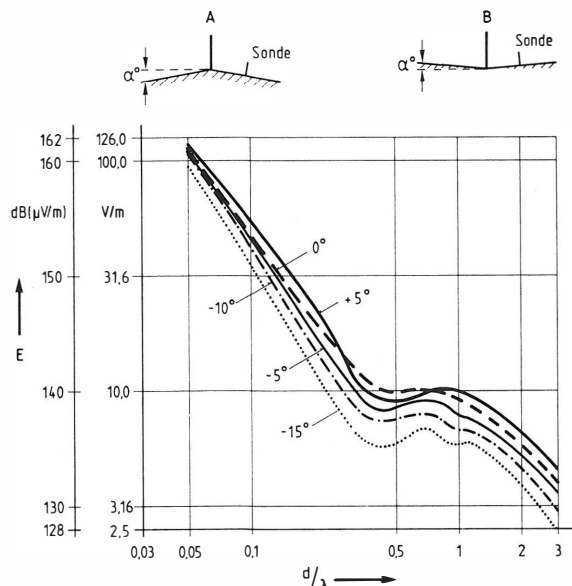
Beide Feststellungen werden durch die Modellmessungen bestätigt. Der Antennenstrahler, der mit nicht isolierten Pardunen abgespannt ist, hat gegenüber dem Strahler mit isolierter Anordnung im Nahfeld eine erhöhte Feldstärke zur Folge (**Bild 10**). In einer Entfernung von $0,2\lambda$ ergeben sich im Experiment um 8 dB höhere Feldstärken in den drei Abspannungsrichtungen als bei einem Strahler mit isolierten Pardunen. Es ist daraus zu schließen, daß nicht unterteilte Pardunen je nach ihrer Länge, der Masthöhe und der Beschaffenheit der Basis zwischen Antennenfußpunkt und Pardunenerdpunkt mehr oder minder in Resonanz geraten können. Jedes Mastsystem dieser Art bietet, abhängig von der Betriebsfrequenz, andere Voraussetzungen. In welcher Weise Nah- oder Fernfeld davon betroffen werden, muß daher in Einzeluntersuchungen meßtechnisch geklärt werden.

8.5. Geländeeinfluß auf die E-Komponente bei den Strahlerlängen $0,25\lambda$ und $0,625\lambda$

Bei der Nachbildung von ansteigendem Gelände ist auf eine Anhebung von mehr als 5° verzichtet worden, da nur die Tendenz der Auswirkung erkennbar werden sollte und keine nennenswerte praktische Bedeutung vorliegt. Abfallendes Gelände um einen Senderstandort herum entspricht häufiger der Realität (**Bild 11a** und **11b**).



a: $0,25\lambda$ -Strahler ($l/d = 50$)



b: $0,625\lambda$ -Strahler ($l/d = 125$)

Bild 11

Feldstärkeverteilung der elektrischen Komponente E als Funktion der Entfernung d/λ bei verschiedenen Strahlern

A: symmetrisch abfallendes Gelände (-5° , -10° , -15°)

B: symmetrisch ansteigendes Gelände ($+5^\circ$)

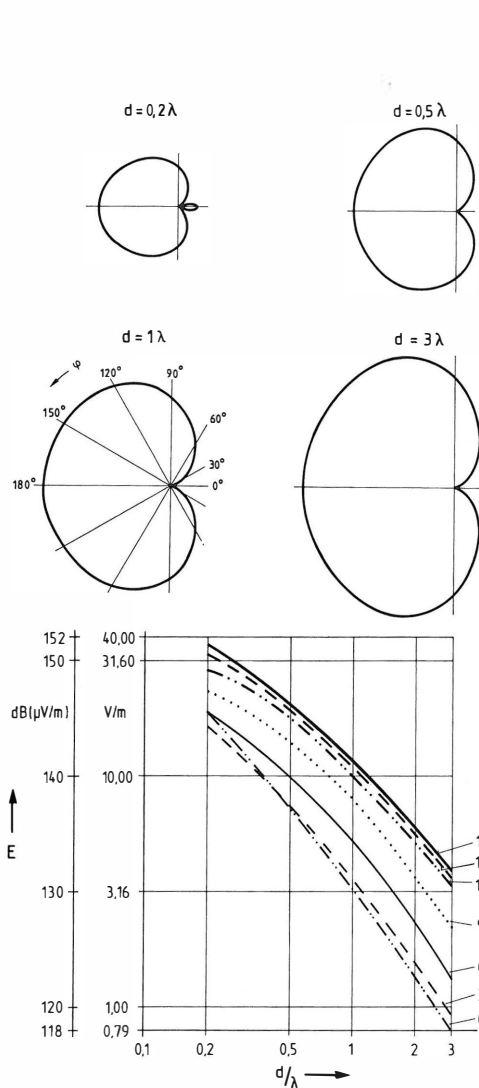


Bild 12a

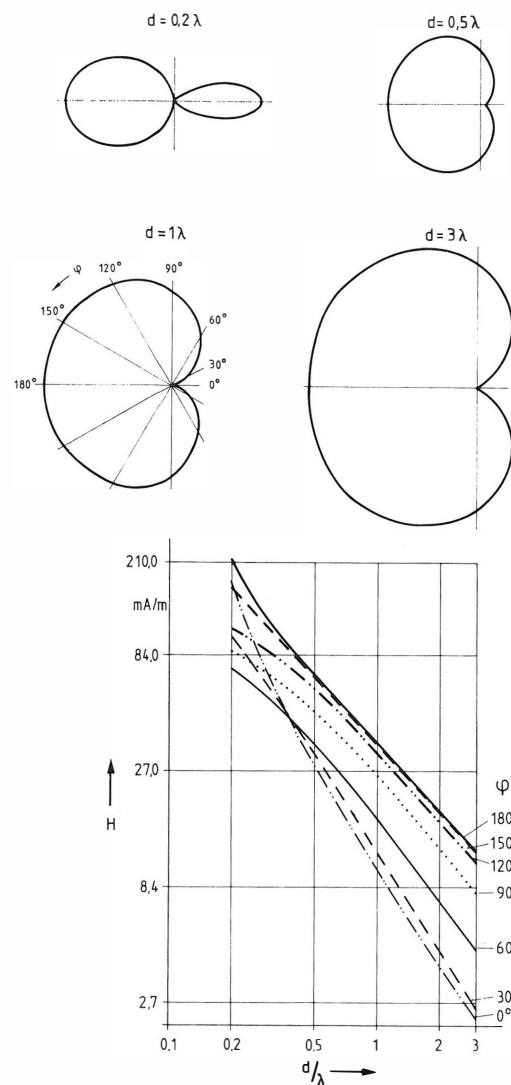
Entwicklungsphasen des Richtdiagramms
der elektrischen Komponente E

Bild 12b

Entwicklungsphasen des Richtdiagramms
der magnetischen Komponente H

Bild 12

Feldstärke als Funktion der Entfernung d/λ an einer doppeltgespeisten $0,25\lambda$ -Richtantenne ($l/d = 50$) auf
ebenem Gelände

Über Feldstärkeänderungen der E-Komponenten von Monopolen, die durch Geländeeinfluß bedingt sind, erteilt **Tabelle 4** Auskunft. Danach verursacht im Fernfeld eine Geländeneigung von 15° eine Feldstärkeeinbuße von 3,5 bis 4 dB, die beim längeren Strahler ($0,625\lambda$) geringfügig größer ist als beim kürzeren Strahler ($0,25\lambda$). Eine Geländeanhebung von 5°

ergibt bei beiden Strahlerlängen einen Feldstärkezuwachs von ungefähr 1 dB. Es kann nicht damit gerechnet werden, daß bei wirklichen Antennenanlagen und naturgegebener, geringerer Bodenleitfähigkeit die Feldstärkeverluste durch Bodenneigung weniger einschneidend sind.

8.6. Verlauf der E- und der H-Komponente einer doppeltgespeisten Richtantenne

Den Verlauf der elektrischen und der magnetischen Komponente als Funktion der Entfernung zeigen die **Bilder 12a** und **12b**. Man erkennt deutlich, wie sich mit zunehmender Entfernung ein immer größer werdendes Verhältnis der Vorwärts-/Rückwärtsstrahlung herausbildet. Für bestimmte Entfernungen ist das Feldstärkeverhältnis in allen Azimutrichtungen maßstäblich herausgezeichnet. Daraus ist ersichtlich, daß bereits in einer Entfernung von $0,5\lambda$ die Kardiodenform der Richtdiagramme ohne Neben-

α	$+5^\circ$	0°	-5°	-10°	-15°
l/d					
0,25	1	0	-1	-2	-3,5
0,625	1	0	-1	-2,5	-4

Tabelle 4

Relative Feldstärkeänderung der elektrischen Komponente E (in dB) bei verschiedenen Winkeln α der Erdoberflächeneigung im Strahlerfeld ($\alpha = 3\lambda$), gemessen an zwei Einzelstrahlern verschiedener Länge

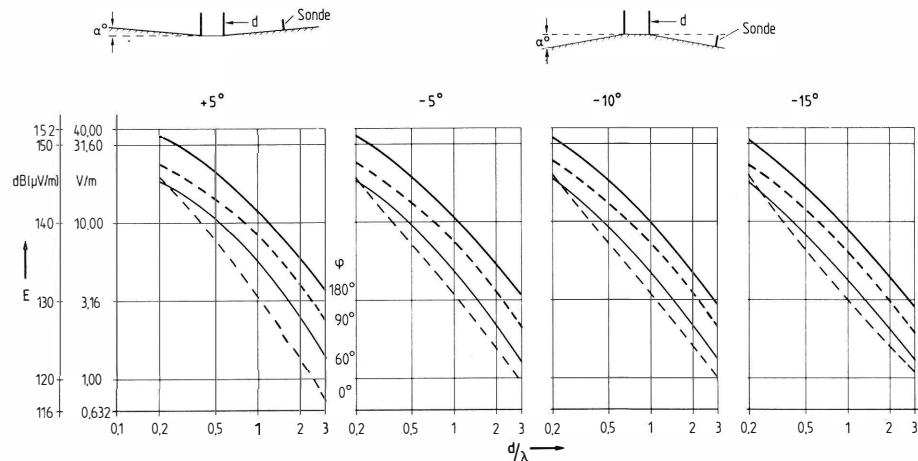


Bild 13a
elektrische Komponente E

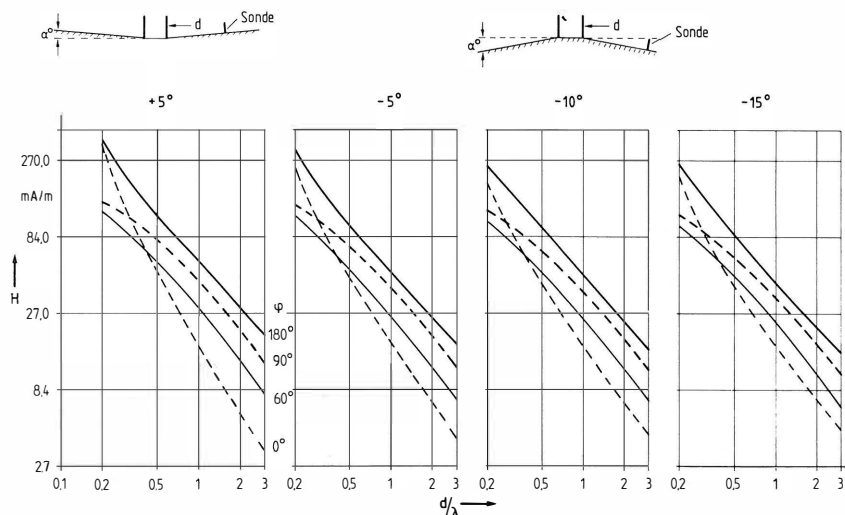


Bild 13b
magnetische Komponente H

Bild 13

Feldstärke als Funktion der Entfernung d/λ an einer doppel gespeisten $0,25\lambda$ -Richtantenne ($l/d = 50$) bei symmetrisch abfallendem Gelände ($-5^\circ, -10^\circ, -15^\circ$) und bei symmetrisch ansteigendem Gelände ($+5^\circ$)

zipfel eindeutig erreicht ist. In einer Entfernung von 3λ sind die Richtdiagramme allerdings immer noch nicht vollständig entwickelt, da die Verhältnisse der Vorwärts-/Rückwärtsstrahlung zwischen E- und H-Diagramm noch kleine Differenzen aufweisen. Verlängert man die gemessenen Kurvenzüge über 3λ hinaus, so ergibt sich in einer Entfernung von etwa $3,5$ bis 4λ Amplitudengleichheit beider Komponenten. Wegen der größeren Ausdehnung des Richtantennensystems gegenüber einem Einzelstrahler wird das Fernfeld erst in einem größeren Abstand erreicht. Wesentlich genauere Aussagen über den Nahfeldradius bzw. die Entfernung bis zum Fernfeldbereich von Richtantennen werden erst nach weiteren Messungen zur Ermittlung der Horizontaldiagramme von symmetrischen Antennen möglich sein.

8.7. Geländeeinfluß auf die Abstrahlung der E- und der H-Komponente im Feld einer doppel gespeisten Richtantenne

Aus den **Bildern 13a** und **13b** sind die Auswirkungen des Geländeeinflusses auf die Abstrahlung der E- und der H-Komponente einer Richtantenne ersichtlich. Sie zeigen, daß sich eine Bodenerhebung von 5° bei den Richtdiagrammen beider Komponenten

nicht bemerkenswert ($< 0,5$ dB) auswirkt. Je größer die Bodenhebung ist, um so geringer ist auch die Richtwirkung. Dabei wird im Nahbereich die E-Komponente mehr betroffen als die H-Komponente (**Tabelle 5**).

α	$+5^\circ$	0°	-5°	-10°	-15°
E-Komponente	0,4	0	-2,6	-4,4	-5,4
H-Komponente	0,4	0	-2,3	-3,6	-4,6

Tabelle 5

Relative Feldstärkeänderung der elektrischen Komponente E und der magnetischen Komponente H (in dB) bei verschiedenen Winkeln α der Erdbodenerhebung bzw. -neigung im Strahlerfeld ($d = 3\lambda$) einer $0,25\lambda$ -Richtantenne

8.8. Umrechnung der Feldstärke auf wirkliche Verhältnisse

Die gemessenen Feldstärkewerte sind in einfacher Weise auf wirkliche Sendeantennen entsprechender Länge l/λ übertragbar. Für die Umrechnungsdaten Modellantenne – wirkliche Antenne gelten folgende Beziehungen für $P = 1$ W (bei Leistungen $P \cdot n$ (W) wird die Feldstärke E bzw. H. mit $\sqrt{n}$ multipliziert):

	Modell- antenne	Dimen- sion	wirkliche Antenne
Maßstab		Faktor k	1
Frequenz	f_{Mod}	MHz	$f = 1/k \cdot f_{\text{Mod}}$
Wellenlänge	λ_{Mod}	m	$\lambda = k \cdot \lambda_{\text{Mod}}$
Entfernung	d_{Mod}	m	$d = k \cdot d_{\text{Mod}}$
Feldstärke	$E(d_{\text{Mod}})$	V/m	$E(d) = 1/k \cdot E(d_{\text{Mod}})$

9. Schlußbetrachtung

Mit den durchgeführten Untersuchungen ist eine genauere Kenntnis des elektromagnetischen Feldes von unmittelbarer Strahlernähe übergangslos bis in das Feld der Freiraumausbreitung gewonnen worden, die in vielerlei Hinsicht eine Bedeutung hat:

1. Sie erlaubt die Berechnung der Feldstärkekomponenten an wirklichen Antennen gleicher Längenverhältnisse $1/\lambda$. Damit ist eine Abschätzung von möglichen Gefahren, die von Sendern großer Leistung ausgehen können, durchführbar.
2. Die Bestimmung beider Komponenten des elektromagnetischen Feldes läßt erkennen, in welcher Relation sich ihre Feldstärken bei den verschiedenen Antennenlängen verhalten. Bei den Gefährdungsbeurteilungen durch das elektromagnetische Feld werden zulässige Grenzwerte für beide Komponenten getrennt festgelegt.

3. Aus dem Verlauf der Feldstärkeverteilungen der elektrischen oder der magnetischen Komponente als Funktion der Entfernung ist mit guter Genauigkeit der Radius zu entnehmen, in welchem die Freiraumstrahlung eintritt. Angewandte Berechnungen nach Näherungsmethoden zur Begriffsbestimmung der Nahfeld-Fernfeldregion liefern sehr ungenaue Aussagen.

Weitere Experimente, u. a. an Gruppenantennen (Richtantennen), die mehrere Ausblendbedingungen zu erfüllen haben, sind in Vorbereitung.

SCHRIFTTUM

- [1] Harrington, R. F.: Matrix Methods for Field Problems. Proc. IEEE 55 (1967), S. 136 bis 149.

Weitere Quellen zu diesem Thema:

Arthus, W.: Einführung in die elektrische Nachrichtentechnik. Oldenbourg-Verlag, München 1957.

Brückmann, H.: Antennen. Ihre Theorie und Technik. Verlag S. Hirzel, Leipzig 1939.

Heilmann, A.: Antennen. Hochschultaschenbücher 1—3. Bibliographisches Institut, Mannheim/Wien/Zürich 1970.

Meinke, H.; Gundlach, F. W.: Taschenbuch der Hochfrequenztechnik. Springer-Verlag, Berlin/Göttingen/Heidelberg 1962.

Mohr, E.; Potschkat, G.: Stromverteilungen auf den Antennenleitern einer Sende-Richtantenne. Rundfunktechn. Mitt. 12 (1968), S. 235 bis 242.

Potschkat, G.; Kienast, D.: Beitrag zum Problem der Gefahren im Bereich elektromagnetischer Strahlungsfelder. Rundfunktechn. Mitt. 21 (1977), S. 97 bis 107.

Stirner, E.: Antennen. Hüthig-Verlag, Heidelberg 1976.

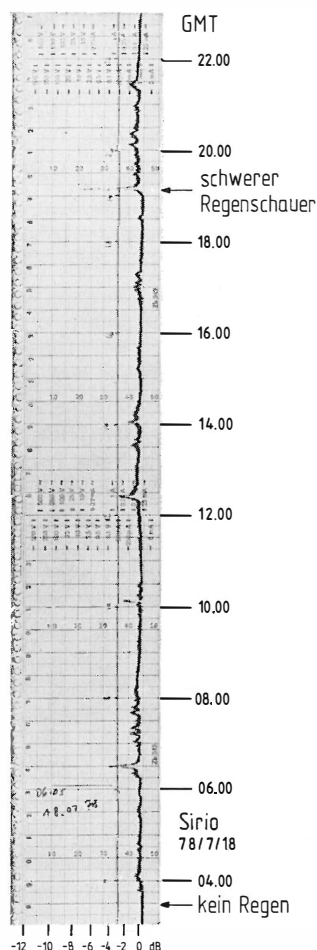


Bild 3

Beispiel des Pegelverlaufs an einem regnerischen Tag

2. Einfluß des Wettergeschehens auf den Empfangspegel

Prinzipiell sind hier zwei Effekte zu unterscheiden, die beide zu einer Reduzierung des Empfangssignals (Demodulator-Eingangssignals) führen:

- Erhöhte Dämpfung des Sendesignals durch Wasser (in erster Linie als Regentropfen) beim Durchqueren der Atmosphäre,
- Gewinnverlust der Empfangsantenne durch Schneebeleg.

Vereinfacht gilt: Je mehr Wasser die Atmosphäre enthält, desto stärker reduziert sich die Leistungsflußdichte (Feldstärke). Signifikante (> 1 dB), durch die Atmosphäre bedingte Dämpfungen treten daher nur während starker Regen- und Hagelschauer auf. Effekte durch Eis- und Regenwolken sind zwar ebenso meßbar wie die atmosphärische Dämpfung bei Schneefall, ihre Auswirkungen sind jedoch so gering, daß sie vernachlässigt werden können.

Maßgebend ist die Art des Regens auf der gesamten Strecke, wobei jedoch die Regendichte am Empfangsort entscheidend ist. Dies zeigt folgendes Beispiel: Am 12. Juli 1978 registrierte die Meßapparatur eine Dämpfung des Empfangssignals um knapp 3 dB mit einem Flankenverlauf, wie er für sommerliche Regenschauer typisch ist, obwohl am Empfangs-

ort kein einziger Tropfen fiel. Nachforschungen ergaben, daß in etwa 6 km Entfernung ein wolkenbruchartiger Platzregen niedergegangen war, der zu einer hohen Signaldämpfung (mindestens 10 dB) geführt hätte, wenn er am Ort der Meßstation aufgetreten wäre.

Die **Bilder 3** und **4** illustrieren an Hand von Ausschnitten aus der Analogregistrierung das Signalverhalten bei Regenereignissen.

Der Einfluß von Schneefällen auf den Empfangspegel ist unterschiedlich. Entweder setzt sich die Empfangsantenne während eines Schneesturms voll mit relativ schwerem, nassem Schnee, was eine sofort einsetzende Signaldämpfung zur Folge hat (vgl. **Bild 5**, oben); oder aber trockener Schnee füllt bei Temperaturen unter 0°C langsam den Antennenspiegel. Eine geringe Signaldämpfung von etwa 0,5 bis 2 dB (je nach Stärke und Temperatur des Schneebelags) ist die Folge. Eine starke Dämpfung des Signals (hoher Gewinnverlust der Empfangsantenne) macht sich erst dann bemerkbar, wenn der Schnee im Spiegel durch Temperaturerhöhung schmilzt und schwer (naß) wird (**Bilder 1** und **2**). Trotz Schönwetterbedingungen kommt es gerade wegen der Sonneneinstrahlung zu einem Dämpfungsereignis (vgl. auch **Bild 5**, unten). Sprungartige Pegeländerungen treten auf, wenn Teile des angetauten Schneebelags aus dem Spiegel heraus oder vom oberen Rand des Spiegels zum Zentrum gleiten.

Bei Regen- oder Schneeregenschauern und Umgebungstemperaturen unterhalb des Gefrierpunktes

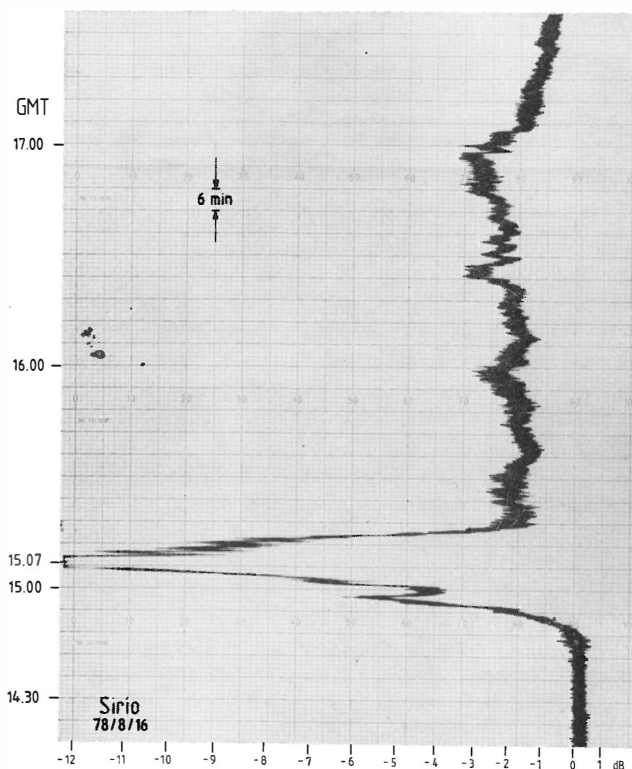


Bild 4

Beispiel eines Regenschauers mit mehr als 12 dB resultierender Signaldämpfung

Regendichte: 150 mm/h (Wolkenbruch)

Der Dämpfungsverlauf mit den steilen Flanken ist typisch für Regenschauer in Sommermonaten. Der steilste Signalabfall wurde bisher mit etwa -10 dB/min registriert.

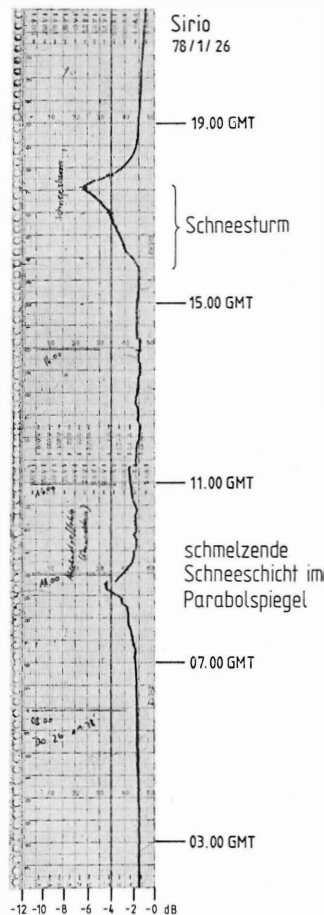


Bild 5

Beispiel des Pegelverlaufs an einem Tag mit Schneeschauern
oben: Einsetzender Schneesturm mit sofortiger Signaldämpfung.
unten: Eine nachts im Antennenspiegel liegende trockene Schneeschicht mit etwa 1,5 dB konstanter Dämpfung wird erst durch das Abschmelzen zum „Ereignis“.

kann es vorkommen, daß die gesamte Antenne vereist, was einen sehr hohen Gewinnverlust der Antenne zur Folge hat. Halten die tiefen Außentemperaturen an, so kann der Empfang für lange Zeit unterbrochen sein. Über einen solchen Fall wurde in diesem Winter einmal aus Frankreich berichtet. In München konnte in zwei Wintern ein derartiges Phänomen noch nicht beobachtet werden, obwohl die Empfangsantenne ungeschützt auf dem Flachdach des IRT aufgestellt ist. Lediglich eine Eisbildung um den Subreflektor der Cassegrain-Antenne, bedingt durch die spezielle Bauart dieser Antenne, wurde im Winter 77/78 einige Male vormittags für kurze Zeit (maximal eine Stunde) beobachtet. Hohe Signaldämpfungen traten aber auch hier auf.

Für das Satellitenfernsehen sollten also Empfangsantennen dieser Bauart (Subreflektor über Plastikring fest mit dem Erreger verbunden) bei ungeschützter Aufstellung in unseren Breiten vermieden werden. Bei den bisher für Individualanlagen vorgestellten Empfangsantennen (meist Prototypen) handelt es sich auch fast ausschließlich um einfache, primär fokussierte Reflektorantennen.

Festzuhalten ist, daß bei Schneefällen immer nur der im Antennenspiegel liegende Schnee für die Signaldämpfung maßgeblich ist. Allein durch ge-

schickte Aufstellung der Antenne lassen sich diese Effekte also bereits vermeiden.

3. Statistische Auswertung der Messungen

3.1. Vorbemerkung

Die gewonnenen Ergebnisse gelten strenggenommen nur für den Empfangsort München-Nord und für das Jahr 1978. Auf den regelmäßig stattfindenden Treffen der am SIRIO-Projekt beteiligten Institutionen wurden von anderen Meßstationen z. T. stark abweichende Ergebnisse vorgelegt. So sind die Münchener Resultate sicher nicht auf das klimatisch günstigere Darmstadt übertragbar, wo das Fernmelde-technische Zentralamt der Deutschen Bundespost (FTZ) ähnliche Messungen durchführt. Aus Holland wird von zeitlich wesentlich länger anhaltenden Regenfällen berichtet, die jedoch meist nicht die in München gemessenen Intensitäts- und damit Dämpfungswerte erreichen. München ist insofern als günstiger Meßort zu betrachten, als es in der Bundesrepublik bezüglich Regen- und Schnee-Ereignissen etwa den „worst case“ aller Großstädte darstellen dürfte (wobei man natürlich von außergewöhnlichen Wetterbedingungen wie z. B. dem Winter 78/79 mit seiner Schneekatastrophe im Norden und dem Schneemangel im Süden absehen muß).

Laut Auskunft des Wetteramtes München kann das Jahr 1978 meteorologisch als durchaus „normal“ betrachtet werden, d. h. Abweichungen von langjährigen meteorologischen Durchschnittswerten liegen innerhalb der üblichen Schwankungsbreiten. Es gibt zwei Ausnahmen: Eine Schneefallperiode vom 16. bis 20. Februar mit 50 cm Schnee innerhalb von 24 Stunden (tritt nur einmal in 30 Jahren auf) sowie einen extrem starken und langanhaltenden Regenschauer am 7. August, bei dem 50 Liter Wasser pro Quadratmeter in einer Viertelstunde herunterprasselten (ereignet sich nur einmal in hundert Jahren).

Da die Langzeitmessungen durch diese beiden Ereignisse zur ungünstigeren Seite hin beeinflusst wurden, liegen die gewonnenen Ergebnisse von 1978 nach der Statistik des durchschnittlichen Wettergeschehens eher auf der sicheren Seite. Durch die Tatsache, daß das Jahr 1978 ansonsten als „normal“ betrachtet werden kann, erhalten die Meßergebnisse aber auch zeitlich einen etwas allgemeingültigeren Charakter.

3.2. Kumulative Verteilung der Empfangspegel

Zur Ermittlung der Häufigkeitsverteilung wurde das empfangene Trägersignal gleichgerichtet und einem Häufigkeitszähler zugeführt, der den Empfangspegel zweimal pro Minute abfragte und dessen 19 Schwellwertzähler so justiert waren, daß sie den Bereich 0 bis -12 dB in Stufen von 2/3 dB abdeckten.

Obwohl die durch die Langzeitdrift des Satelliten verursachte Verschiebung des festgelegten Normalpegels (Nullpegels) ausgemittelt wurde, ist die ermittelte statistische Verteilung dennoch etwas pessimistisch. Die täglichen Signalschwankungen um den Normalpegel, bedingt durch die Eigenbewegung des Satelliten um seinen Standort, wirken sich insofern aus, als die meisten Regenereignisse nachmittags stattfinden, und damit zu einer Zeit, in der das Satellitensignal auch bei Schönwetter meistens unter

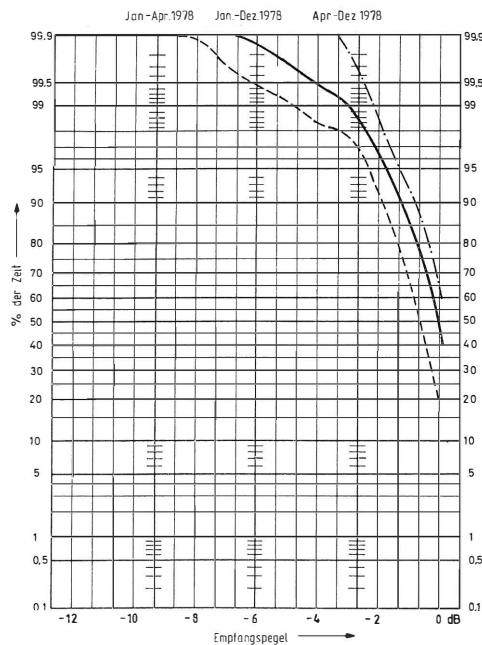


Bild 6

Kumulative Verteilung des SIRIO-Empfangspegels für das Jahr 1978

Die Statistik für die Regen- und Schneemonate wird praktisch jeweils durch den Kurvenverlauf des ungünstigsten Monats bestimmt.

Den Kurven liegen 333 Tage Registrierung zugrunde. Die Eigenbewegungen des Satelliten wurden jeweils auf monatlicher Basis ausgemittelt.

Normalpegel empfangen wurde. Hinzu kommt, daß der mögliche Meßfehler von typisch 0,15 dB so berücksichtigt wurde, daß man mit der Statistik wiederum auf der sicheren Seite liegt. Zum Vergleich: Aus **Bild 6** ist abzulesen, daß für die Regenmonate 1978 (April bis Dezember) der Empfangspegel zu 99,8 % der Zeit um nicht mehr als 3 dB unterhalb des Normalpegels lag. Eine Kontrollrechnung, bei der für alle in diese Periode fallenden Einzelergebnisse jeweils der Zeitpunkt bestimmt wurde, an dem der Empfangspegel die Schwelle von -3 dB unter- bzw. am Ereignisende wieder überschritt, ergab ein um 0,09 % besseres Ergebnis, also 99,98 %.

Im übrigen zeigt die Häufigkeitsverteilung nach **Bild 6**, daß die Statistik in München für die Regenmonate 1978 mit -3,4 dB für 99,9 % der Zeit noch günstiger liegt als der ESA-Wert von -3,6 dB für 99,9 % des ungünstigsten Monats. Tatsache ist, daß

	Regenmodell WARC 77	Regenmodell ESA	IRT-Messung August 78
agg % (in dB)	1,5 bis 2,0	1,2	2,4
agg,9 % (in dB)	—	3,6	3,5

Tabelle 1

Dämpfungswerte bei verschiedenen Regenmodellen für 99 % und 99,9 % der Zeit im ungünstigsten Monat im Vergleich mit den im IRT im August 78 gemessenen Werten

Anm.: Die ESA-Werte gelten für den ungünstigsten Monat eines durchschnittlichen Jahres. Sie liegen der offiziellen UER-Analyse des Satellitenplans [2] zugrunde.

der Gesamtverlauf der Kurven praktisch durch den ungünstigsten Monat bestimmt wird (**Tabelle 1**). Nicht eingehalten wurde mit -2,2 dB der ESA-Wert für 99,9 % der Zeit (-1,2 dB).

3.3. Analyse der Einzelergebnisse

Häufigkeitsverteilungen nach **Bild 6** werden – wenn auch in etwas anderer Darstellungsform – in der Richtfunktechnik üblicherweise dazu benutzt, um die Zuverlässigkeit von Trägerfrequenzstrecken anzugeben. Nun ist speziell der Fernsehrundfunk kein Dienst rund um die Uhr. Weiterhin gibt es verschiedenen wichtige zeitliche Schwerpunkte (z. B. die Hauptfernsehzeit, etwa von 19 bis 22 Uhr).

Aus diesem Grunde wurden sämtliche Ereignisse auch noch einzeln analysiert. Die Schwellen, zu denen die zeitliche Zuordnung erfolgte, wurden zu -3 dB, -6 dB und -10 dB gewählt. Als Ereignisse werden alle Perioden mit Dämpfungswerten größer als 3 dB bezeichnet. (Zur Begründung dieser Schwellwerte vgl. 4.). Die Ergebnisse der Analyse sind für die Regenereignisse in den **Bildern 7a bis 7c**, für die (vermeidbaren) Schnee-Ereignisse in den **Bildern 8a bis 8e** dargestellt. Schneeregenschauer mit hohem Regenanteil, also überwiegend atmosphärischer Dämpfung, werden als Regenereignisse gewertet.

Neben einer Zusammenfassung aller Ereignisse hinsichtlich ihrer maximalen Dämpfung (Bilder 7a und 7b bzw. 8a und 8b), erfolgte eine Auswertung nach der jahreszeitlichen (Bilder 7c und 8c) und der tageszeitlichen (Bilder 7d und 8d) Verteilung sowie der durchschnittlichen Dauer der Ereignisse (Bilder 7e und 8e). Die Histogramme haben zum Teil unterschiedlich gestufte Ordinaten, um exaktere Angaben zu ermöglichen.

Bemerkenswert ist vor allem die Häufigkeit der Regenereignisse im August sowie zwischen 13 und 17 Uhr bzw. 19 und 23 Uhr (12 und 16 Uhr bzw. 18 und 22 Uhr GMT)². Sämtliche Regenfälle mit mehr als 10 dB Dämpfung wurden nachmittags zwischen 13 und 19 Uhr registriert. Wie stark der Regen auf die Sommermonate und auf die Nachmittage konzentriert war, zeigt folgende Auswertung:

43 % aller Regenfälle mit mehr als 3 dB resultierender Signaldämpfung traten zwischen 13 und 17 Uhr auf, 25 % in der Zeit zwischen 19 und 23 Uhr.

64 % aller Fälle von Regendämpfung fielen auf die Monate Juli und August. Betrachtet man nur den Abschnitt von Mitte Juni bis Mitte September und in diesem nur jeweils die zweite Tageshälfte (12 bis 24 Uhr GMT), so entfielen 75 % aller registrierten Regenfälle mit mehr als 3 dB Signaldämpfung auf diesen Zeitraum. Von Mitte September bis Ende Dezember 1978 wurde überhaupt kein Regenereignis mit mehr als 3 dB Dämpfung registriert (vgl. **Bild 7c**).

Faßt man in **Bild 7e** die ersten beiden Säulenreihen zusammen (0 bis 5 min), so ergibt sich ungefähr ein exponentieller Abfall für die durchschnittliche Dauer der einzelnen Regenereignisse. Aus **Bild 8e** hingegen erkennt man leicht, daß im Zusammenhang mit Schneefällen eine Tendenz zu lang anhaltenden Dämpfungsperioden (> 3 h) besteht.

² Alle Zeitangaben ohne nähere Bezeichnung sind MEZ.

	C/N (ESA-Regenmodell)			S/N (unbewertet)			Bildqualität Q		
	Schönwetter dB	99 % dB	99,9 % dB	Schönwetter dB	99 % dB	99,9 % dB	Schönwetter	99 %	99,9 %
Zentrum des Versorgungsgebietes (westlich v. Frankfurt)	19,3	18,1	15,7	39,0	37,8	35,4	4,3	4,1	3,8
Ungünstigster Empfangsort in der Bundesrepublik (Nord-Sylt)	16,6	15,4	13,0	36,3	35,1	32,7	4,0	3,8	3,5

Tabelle 2

Theoretische Videostörabstände S/N und theoretische Bildqualität Q für den günstigsten und ungünstigsten Empfangsort in der Bundesrepublik Deutschland in Abhängigkeit vom hochfrequenten Störabstand C/N

Anm.: In München liegen die C/N- und S/N-Werte um 0,6 dB niedriger als am günstigsten Empfangsort

Notenskala für Q nach CCIR-Empf. 500

Qualität

Q = 5 einwandfrei
Q = 4 gut
Q = 3 mittelmäßig
Q = 2 mangelhaft
Q = 1 ungenügend

Störungen

nicht wahrnehmbar
wahrnehmbar, jedoch nicht störend
leicht störend
störend
sehr störend

4. Diskussion der Ergebnisse hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf die Fernsehbildqualität

Für Tonrundfunksendungen über Satelliten wurde bisher noch kein Modulationssystem festgelegt. Aus diesem Grund können alle Meßergebnisse vorerst nur in Hinblick auf die zu erzielende Fernsehbildqualität diskutiert werden.

In **Tabelle 2** sind die nach [3] berechneten Videostörabstände sowie die daraus resultierende subjektive Bildqualität für den günstigsten und den ungünstigsten Empfangsort innerhalb der Bundesrepublik

Deutschland angegeben. Die Ausgangswerte des hochfrequenten Störabstandes C/N sind der UER-Analyse des Genfer Plans für Rundfunksatelliten [2] entnommen. Dabei ist der für Einzelempfangsanlagen festgelegte minimale Gütefaktor von 6 dB/K zugrunde gelegt.³

³ Heute ist bereits eine Entwicklung zu wesentlich rauschärmeren Empfangsanlagen festzustellen. Durch den Einsatz von FET-Vorverstärkern können leicht Gütefaktoren von über 10 dB/K erreicht werden. Jedes so gewonnene Dezibel kommt voll dem hochfrequenten und damit auch dem videofrequenten Störabstand zugute.

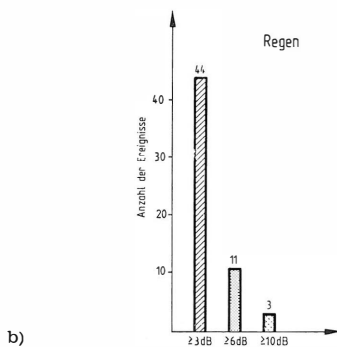
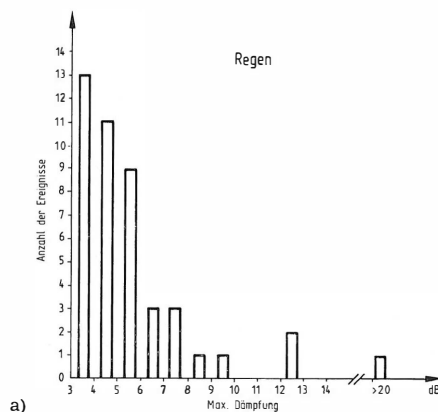


Bild 7a und 7b
Analyse der Regenereignisse

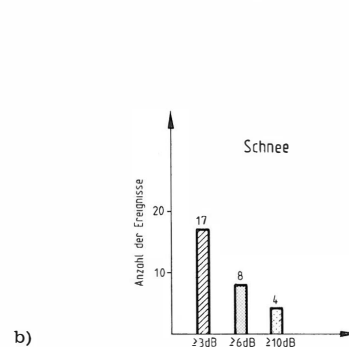
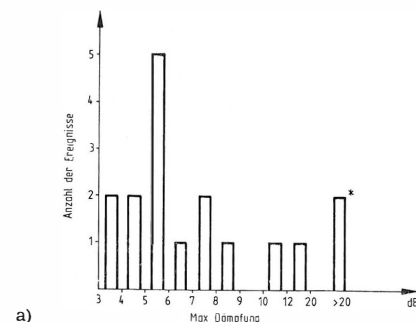
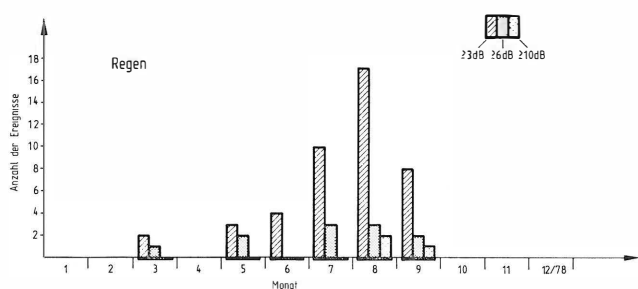
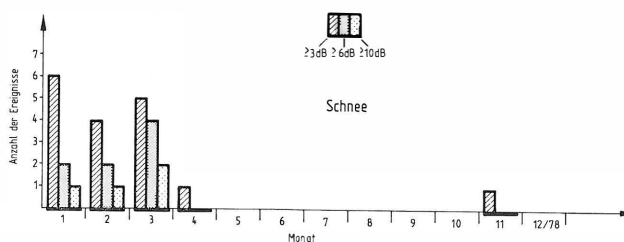


Bild 8a und 8b
Analyse der Schnee-Ereignisse

a) und b): maximale Dämpfung

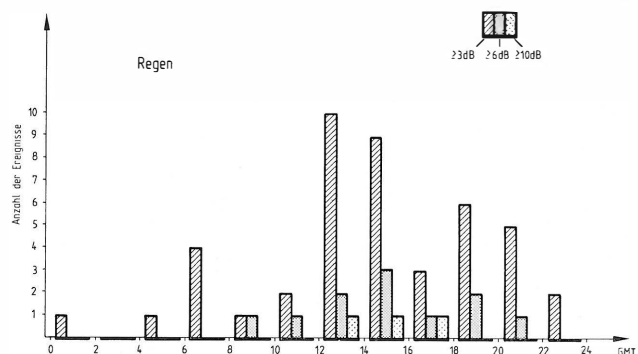


c)

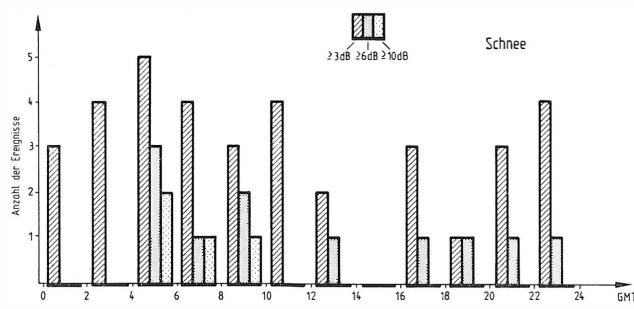


c)

c) monatliche Verteilung

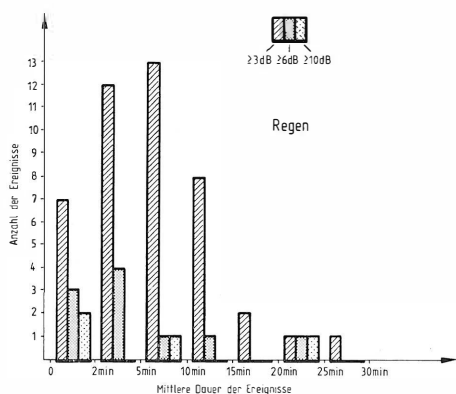


d)

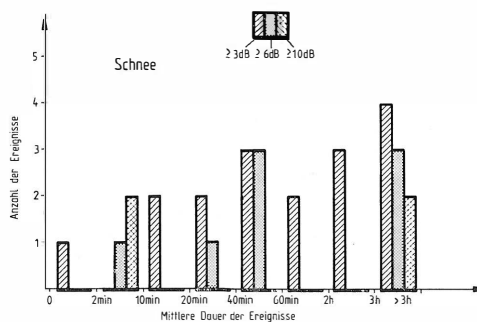


d)

d) tageszeitliche Verteilung



e)



e)

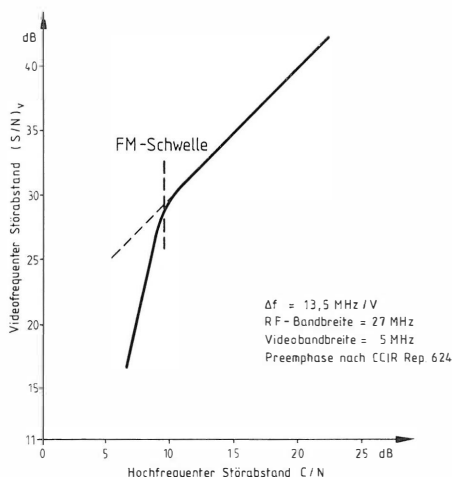
e) durchschnittliche Ereignisdauer

Diese Bilder zeigen sämtliche Regen- und Schnee-Ereignisse des Jahres 1978 mit mehr als 3 dB resultierender Signaldämpfung. Gerätewartung wurde nur an Schönettertagen durchgeführt.

Bild 7c bis 7e
Analyse der Regenereignisse

Bild 8c bis 8e
Analyse der Schnee-Ereignisse⁵

⁵ Bei einem dieser Schnee-Ereignisse mit mehr als 20 dB Dämpfung konnte das genaue Ende des Ereignisses aus technischen Gründen nicht bestimmt werden. Dieses Ereignis ist deshalb in Bild 8e nicht berücksichtigt.

**Bild 9****Charakteristik des FM-Demodulators
(berechnet für das Satellitenfernsehsystem)**

Der Verlauf unterhalb der FM-Schwelle ist nur prinzipiell zu verstehen. Er variiert stark bei verschiedenen FM-Demodulator-typen. Durch Einsatz der PLL-Technik läßt sich auch die FM-Schwelle noch um etwa 2 dB nach unten drücken.

Der durch die Verwendung der Frequenzmodulation erzielte Störabstandsgewinn beträgt annähernd 20 dB.

$\Delta f = 13,5 \text{ MHz/V}$
RV-Bandbreite = 27 MHz
Videobandbreite = 5 MHz
Preemphase nach CCIR-Ber. 624

Je nach Empfangslage steht in der Bundesrepublik Deutschland einschließlich Berlin (West) eine Reserve von insgesamt 6 bis 10 dB für noch sicheren Empfang zur Verfügung. Diese Reserve ergibt sich aus der Differenz zwischen dem Empfangspegel bei klarem Himmel und der FM-Schwelle (vgl. Bild 9). Natürlich wird der Empfang bei abnehmenden C/N-Werten in zunehmendem Maße durch Rauschen gestört. In der Nähe der FM-Schwelle ist mit kräftigen Rauschstörungen zu rechnen. Die subjektive Bildqualität beträgt dort etwa $Q = 2,9$. Auch unterhalb der FM-Schwelle ist ein Empfang noch möglich, jedoch treten hier zusätzliche Rauschstörungen auf. Da es in erster Linie von dem verwendeten Demodulator-Typ sowie von der Synchronisierstabilität des Fernsehempfängers abhängt, wie schnell das Fernsehbild unterhalb der FM-Schwelle unbrauchbar wird, geht man bei allen Betrachtungen vereinfachend davon aus, daß sicherer, wenn auch zum Teil verrauschter Empfang nur oberhalb der FM-Schwelle möglich ist.

Aus den Bilderreihen 7 und 8 kann man leicht ableiten, mit welchen Empfangsbildqualitäten im Jahre 1978 in München zu rechnen gewesen wäre. Es traten drei Regenschauer mit einer Dämpfung > 10 dB auf, davon ein „Jahrhundertregen“ mit über 20 dB Signaldämpfung während 20 Minuten. Insgesamt wäre 1978 in München der Signalpegel infolge Regen für 27 Minuten unter die FM-Schwelle gesunken. Zwar sieht die Situation bei den Schneemonaten Januar und Februar ungünstiger aus (Dämpfungen über 10 dB während mehr als 30 h), jedoch ist hier Abhilfe durch verschiedene Maßnahmen möglich, wie

z. B. Radome, geschützte Aufstellung oder Beheizung der Antenne. Auf's Jahr bezogen bedeuten 27 Minuten eine wetterbedingte Ausfallquote des Satellitenfernsehens von $0,5 \cdot 10^{-4}$.

Beträgt der Schönwetterstörabstand C/N jedoch wie auf Sylt nur 16,6 dB, so wird die FM-Schwelle bereits mit allen Dämpfungswerten > 6 dB knapp erreicht. Legt man diesen C/N-Wert von 16,6 dB als Normalwert zugrunde, so wäre die FM-Schwelle 1978 in München während insgesamt 43 Minuten unterschritten worden. Das längste Regenereignis hätte unter dieser Voraussetzung den Empfangspegel für 22 Minuten (während des genannten Jahrhundertregens), das zweitlängste für 13 Minuten unter die FM-Schwelle gedrückt.

Wie Tabelle 2 zu entnehmen ist, wird unter Zugrundelegung des ESA-Regenmodells die Bildqualität im ungünstigsten Monat im Zentrum des Versorgungsgebietes während 0,1 % der Zeit unterhalb 3,8 liegen. Während 99 % der Zeit des ungünstigsten Monats liegt sie zwischen 4,1 und 4,3. Am Versorgungsrand (etwa 3 dB geringerer Nutzpegel) sind die Verhältnisse etwas ungünstiger (siehe Tabelle).

In München ist bei Dämpfungen zwischen 6 und 10 dB mit Bildqualitäten zwischen 2,8 und 3,5 zu rechnen. Bei Dämpfungswerten zwischen 3 und 6 dB liegt in München die Bildqualität zwischen 3,5 und 3,9, auf Sylt zwischen 3,1 und 3,5.⁴

Regenfälle mit mehr als 6 dB resultierender Signaldämpfung sind schon als selten zu bezeichnen. 1978 traten insgesamt 11 Ereignisse auf, 8 davon in den Sommermonaten Juli, August und September. Ein Viertel aller Regenfälle mit mehr als 6 dB Dämpfung fiel in die Hauptfernsehzeit zwischen 19 und 23 Uhr (18 und 22 Uhr GMT), wie die Bilder 7c und 7d zeigen.

Hier ist noch eine Anmerkung zu machen: In Wirklichkeit verringert sich der für die Empfangsqualität entscheidende Wert des hochfrequenten Störabstandes bei atmosphärisch bedingten Signaldämpfungen stärker als der üblicherweise gemessene Signalpegel. Der Grund dafür ist, daß während eines meteorologischen Ereignisses die von der Empfangsantenne aufgenommene Rauschleistung ansteigt, so daß sich der Quotient aus Trägerleistung C und Rauschleistung N zusätzlich verringert. Bei einfachen Empfangsanlagen mit Gütefaktoren bis etwa 10 dB/K ist das Eigenrauschen der Empfangsanlage jedoch so hoch, daß die atmosphärisch bedingte Erhöhung der Rauschleistung vernachlässigt werden kann.

5. Schlußbemerkungen

Der von der WARC 77 festgelegte Wert von 14 dB für den hochfrequenten Störabstand für 99 % der Zeit wurde in München auch im August 1978 (ungünstigster Monat) sicher eingehalten (18,7 dB – 2,4 dB = 16,3 dB). Gleiche Regencharakteristik auf Nord-Sylt vorausgesetzt, würde das auch für diesen Empfangsort noch gelten (16,6 dB – 2,4 dB = 14,2 dB).

Beim Satellitenfernsehen ist damit zu rechnen, daß es durch starke Schneeansammlungen in der Empfangsantenne sowie während extrem starker Regenschauer zu einem Totalausfall der Versorgung

⁴ Beim terrestrischen Fernsehen gilt ein Teilnehmer mit einer Bildqualität von 3 als noch versorgt.

kommt. Bei Schneefällen genügt im einfachsten Fall ein Handfeger, um die Verbindung wieder herzustellen. Zu einem Totalausfall durch Regen wäre es in München 1978 nur einmal, nämlich am 7. August von 16.52 bis 17.12 Uhr gekommen. In zwei weiteren Fällen wurde die FM-Schwelle zwar unterschritten, jedoch nur um 2 bis 3 dB und nur für wenige Minuten. Der Empfang mit einer 6-dB/K-Anlage wäre sehr stark gestört, aber normalerweise noch möglich gewesen.

Bei Gemeinschaftsanlagen liegen die Verhältnisse natürlich bedeutend günstiger. Infolge des größeren Antennendurchmessers (1,8 m) und des besseren Rauschverhaltens (festgelegter Gütefaktor G/T mindestens 14 dB/K) verfügen sie im Vergleich zu Anlagen für den Individualempfang über eine um 8 dB höhere Dämpfungsreserve. Bei Einsatz eines PLL-Demodulators sind es sogar 10 dB. Dies bedeutet, daß nur bei Regen mit mehr als 17 dB Dämpfung (Versorgungsrand) bzw. 20 dB (Zentrum) die FM-Schwelle erreicht würde. Mit einem solchen Ereignis ist nicht jedes Jahr zu rechnen. (Obige Dämpfungswerte reduzieren sich bei Berücksichtigung der Rauschleistungserhöhung um etwa 1 dB.)

Die Langzeitmessungen des IRT werden fortgeführt, um mehrjährige Durchschnittswerte über die zu erwartenden Pegelrückfälle beim Satellitenfernsehen zu gewinnen. Zudem läuft jetzt eine Testphase für den OTS-Satelliten an, bei der auch Langzeit-TV-Übertragungen mit dem auf der WARC 77 für das Satellitenfernsehen definierten Modulationsverfahren durchgeführt werden sollen. Die gleichzeitige Empfangsmessung des OTS-Bakensignals wird dann zeigen, inwieweit reine Trägermessungen, d. h. Dämpfungsmessungen tatsächlich Aussagen über die Fernsichtqualität zulassen.

SCHRIFTTUM

- [1] UIT: Final Acts of the World Administrative Radio Conference for Planning of the Broadcasting-Satellite Service in Frequency Bands 11.7 — 12.2 GHz (in Regions 2 and 3) and 11.7 — 12.5 GHz (in Region 1). Hrsg. von der UIT, Genf 1977.
- [2] UER: Analysis of the 1977 Geneva Plan for satellite broadcasting at 12 GHz. Doc. Tech. 3222, Band I und IIa. Hrsg. von der Tech. Zentrale UER, Brüssel, April 1977.
- [3] Mertens, H. et al.: Satellite broadcasting. Design and planning of 12-GHz systems. UER Doc. Tech. 3220. Hrsg. von der Tech. Zentrale UER, Brüssel, März 1976.
- [4] Dosch, C. h.: Propagation measurements in Munich using the 11.6 GHz beacon of the SIRIO satellite. Erscheint in *Alta Frequenza*, Heft 6 (Juni 1979), Milano.

DIE 31. JAHRESTAGUNG DER TECHNISCHEN KOMMISSION DER UER

BERLIN, 2. BIS 6. APRIL 1979

1. Einleitung

Die 31. Jahrestagung der Technischen Kommission der UER fand auf Einladung von ARD und ZDF in der Zeit vom 2. bis 6. April 1979 in Berlin im gerade eröffneten Internationalen Congress-Centrum (ICC) statt. Zuvor war am 31. März 1979 der Vorstand (das „Bureau“) der Technischen Kommission zusammengetreten, um die Tagung vorzubereiten.

Hauptdiskussionsthema aus der Sicht von ARD und ZDF war auf der diesjährigen Tagung neben der im Herbst dieses Jahres bevorstehenden weltweiten Funkverwaltungskonferenz (WARC) zur Neuordnung der Frequenzzuteilungen zweifellos die Frage einer möglichen Verwendung von 1-Zoll-Magnetband-Aufzeichnungsverfahren für den internationalen Programmaustausch im Rahmen der UER (siehe dazu 2.2.1.).

2. Tagung der Technischen Kommission

Die Tagung wurde von C. TERZANI, RAI, dem bisherigen und neuen Vorsitzenden der Technischen Kommission der UER geleitet. Es waren etwa 100 Personen anwesend, neben Mitarbeitern von Vollmitgliedern der UER auch solche von assoziierten Mitgliedern aus dem Irak, Japan, Kanada, Korea, den Vereinigten Staaten von Amerika und der Elfenbeinküste. Ebenso hatten internationale Organisationen wie ESA (European Space Agency) und CISPR (Comité International Spécial des Perturbations Radioélectriques) Delegierte entsandt.

Die ARD war durch E. BÖHNKE, I. DAHRENDORF, D. SCHWARZE und R. THIELE vertreten, das ZDF durch P. BERG, E. BLOHMER, W. FEHLER, R. KAISER und K. SCHNEIDER. Als gemeinsame Vertreter von ARD und ZDF nahmen H. EDEN, H. FIX und P. WOLF (alle IRT) teil. Die Deutsche Bundespost hatte als Beobachter H. KRATH (BPM) und O. SEIDELMANN (FTZ) entsandt.

2.1. Neue Struktur der Technischen Kommission

Die seit einigen Jahren laufende Neuorganisation der Arbeitsgruppen der Technischen Kommission [1, 2] ist nunmehr abgeschlossen. Es existieren jetzt nur noch die vier großen Arbeitsgruppen „Studio-Produktionstechnik (G)“, „Übertragungstechnik und Betriebsabwicklung (T)“, „Ton- und Fernseh-Rundfunksysteme (R)“ und „Neue Systeme und Dienste (V)“, in deren Rahmen die Aktivitäten der Technischen Kommission abgewickelt werden. Jede Arbeitsgruppe hat mehrere Untergruppen, die wiederum zur Bearbeitung aktueller Aufgaben zahlreiche Spezialisten- und ad hoc-Gruppen gebildet haben. Aus der folgenden Grafik ist die neue Struktur der Technischen Kommission zu sehen. Der Übersicht halber wurden die Spezialisten- und ad hoc-Gruppen weggelassen.

Man erkennt aus der Grafik, daß die bisherige Arbeitsgruppe N (Eurovisions-Satellitenprojekt) wie geplant als Untergruppe T7 der Arbeitsgruppe T angegliedert wurde. Ebenso wurden die bisherigen Arbeitsgruppen D (Kabel-Verteilung) und P (Zusammenarbeit mit CISPR, Maßnahmen gegen Störungen) als Untergruppen R5 und R6 der Arbeitsgruppe R zugeordnet. Am Vorsitz der Gruppen hat sich nichts geändert. D. SCHWARZE (ARD/SDR) erklärte sich bereit, die „Störungsgruppe“, die als Arbeitsgruppe P (Perturbation) seit mehr als 30 Jahren existierte, auch als Untergruppe R6 weiterhin zu leiten. Auch die übrige personelle Zusammensetzung der

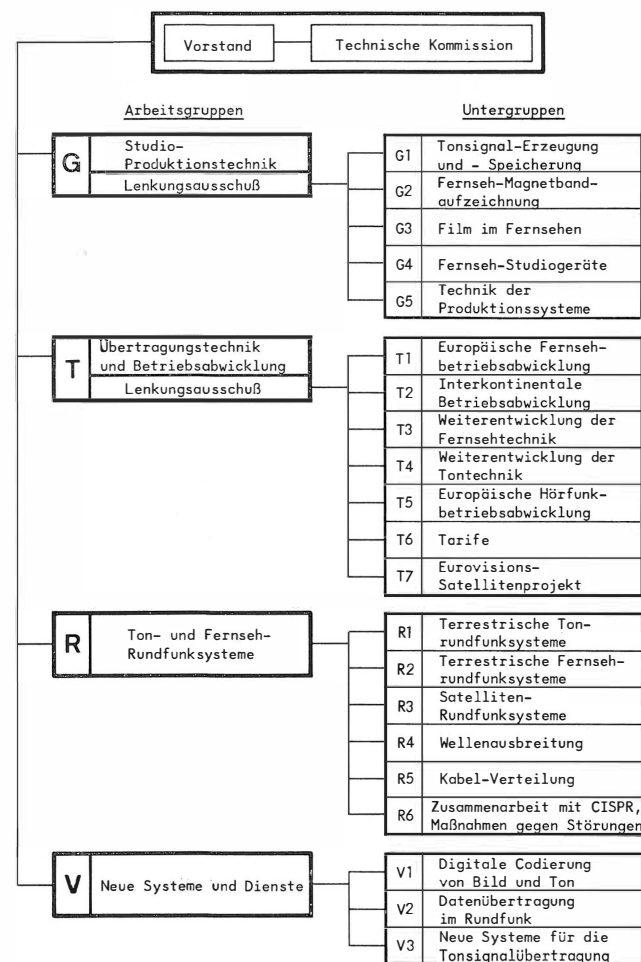
neuen Untergruppen T7, R5 und R6 soll vorläufig im wesentlichen erhalten bleiben.

2.2. Aktivitäten der Technischen Kommission

2.2.1. Studio-Produktionstechnik (Arbeitsgruppe G)

Auf dem Gebiet der Fernseh-Magnetbandaufzeichnung ist seit einiger Zeit die Frage einer möglichen Standardisierung von 1-Zoll-Aufzeichnungsverfahren im Gespräch [2]. Zwei Verfahren stehen sich konkurrierend gegenüber, das sogenannte B-Format und das C-Format. Beide Formate sind kürzlich in einer technischen Informationsbroschüre (Technical Information Sheet No. 7) der Technischen Zentrale der UER spezifiziert worden. Während Maschinen des B-Formats (Typ BCN der Firma Bosch-Fernseh) bereits seit mehr als drei Jahren geliefert werden und in vielen Ländern Europas (Dänemark, Frankreich, Holland, Norwegen, Österreich, Bundesrepublik Deutschland) erfolgreich in Betrieb sind, sollen die ersten Maschinen des C-Formats (Ampeex, Sony) in der PAL-Version Mitte dieses Jahres ausgeliefert werden.

Vor etwa einem Jahr wurde von der **Untergruppe G2 (Fernseh-Magnetbandaufzeichnung)** ein Ringversuch ge-



Die neue Struktur der Technischen Kommission der UER

Stand: April 1979

startet, mit dem die Austauschbarkeit von Magnetbändern des B-Formats – die Voraussetzung für einen Programmaustausch – überprüft werden sollte und an dem sich sieben UER-Mitgliedsorganisationen einschließlich ARD und ZDF beteiligten. Die Meßergebnisse dieses Ringversuchs wurden von den einzelnen UER-Mitgliedsorganisationen im Hinblick auf einen möglichen internationalen Programmaustausch durchaus unterschiedlich interpretiert. Während sich die UER-Mitglieder, die sich an dem Ringversuch beteiligt hatten, für einen Programmaustausch von Magnetbändern im B-Format ab sofort oder in naher Zukunft aussprachen, versuchte eine andere Gruppe, die Entscheidung der Technischen Kommission in dieser Frage bis zur nächsten Jahrestagung hinauszuzögern. Dabei war allen Beteiligten klar, daß zumindest gegenwärtig ein Magnetbandaustausch im B-Format nur nach vorheriger Absprache möglich sein wird, da ein Teil der UER-Mitgliedsorganisationen nicht mit Maschinen des B-Formats ausgerüstet ist.

Nach langen und zum Teil kontrovers geführten Diskussionen kam schließlich doch noch eine „Technische Empfehlung der UER“ zustande, nach der das im Technical Information Sheet No. 7 beschriebene UER-Format B für den internationalen Fernsehprogrammaustausch nach vorheriger Verabredung verwendet werden kann.

Bei den Diskussionen zu diesem Punkt kam das Bedauern zum Ausdruck, daß es innerhalb der UER bisher nicht gelungen ist, sich auf ein einziges 1-Zoll-Magnetband-Aufzeichnungsverfahren zu einigen. Obwohl die UER-Untergruppe G2 ihre Bemühungen in dieser Richtung fortsetzen wird, erscheint die Prognose realistisch, daß es in Zukunft mindestens zwei 1-Zoll-Formate auf internationaler Ebene geben wird, das B-Format und das C-Format.

In diesem Zusammenhang sei erwähnt, daß die **Spezialistengruppe „Elektronische Berichterstattung“** dabei ist, eine Spezifikation für das neue U-Matic-H-Format auszuarbeiten, das gegenüber dem bisherigen U-Matic-Format Qualitätsverbesserungen bietet. Die Gruppe wird außerdem die von ihr verfaßte Ausarbeitung „UER-Bericht über Elektronische Berichterstattung“ (Doc. Tech. 3225, 1. Ausgabe Sept. 1977) überarbeiten und dem neuesten Stand der Technik anpassen.

Kompandertechniken, Tonkassetten für professionelle Anwendungen und Schallplatten mit digitaler Aufzeichnung (Laser) sind Themen, mit denen sich die **Untergruppe G1 (Tonsignal-Erzeugung und -Speicherung)** befaßt. Auch hier ist das Hauptbestreben, technische Lösungen zu finden, die bei optimaler Qualität einen internationalen Programmaustausch betrieblich einfach und ökonomisch ermöglichen.

Die **Untergruppe G3 (Film im Fernsehen)** hat den Technischen Bericht Nr. 3218 der UER (Doc. Tech.-Serie) mit dem Titel „UER-Empfehlung für Farbfilmabtaster“ (1. Ausgabe März 1977) überarbeitet, wobei Arbeiten des IRT zu den Themen „Farbwiedergabeindex“ und „Messung von Streulicht“ wesentlich dazu beigetragen haben, die Empfehlung auf den neuesten Stand zu bringen.

Die **Arbeiten der Untergruppe G4 (Fernseh-Studiogeräte)** konzentrieren sich auf die in [2] genannten Gebiete. Die **Untergruppe G5 (Technik der Produktionssysteme)** wird im Mai 1979 ihre erste Sitzung abhalten.

2.2.2. Eurovision, Übertragungstechnik (Arbeitsgruppe T)

Das neue Eurovisionskontrollzentrum (EVC), die zentrale Schalt- und Überwachungsstelle der Eurovision, ist am 12. April 1979 in Brüssel am Boulevard Reyers in Betrieb gegangen, nachdem es zuvor viele Jahre lang provisorisch im Palais de Justice untergebracht war.

Beträchtliche Schwierigkeiten bereitet der Technischen Zentrale in Brüssel die Inbetriebnahme ihres **Fernschaltsystems RNS** (Remote Network Switching),

mit dessen Hilfe vom EVC in Brüssel aus in den nationalen Schaltstellen (CNCT's) der einzelnen Mitgliedsländer Leitungen geschaltet und überwacht werden sollen. Nachdem lange Zeit Gerätefehler die Funktion des Systems verhinderten, müssen nun die Bedien- und Anzeigeeinheiten beim EVC in Brüssel verbessert werden, um Bedienungskomfort und Betriebssicherheit zu erhöhen. Es ist vorgesehen, das System ab Mitte 1980 schrittweise in Betrieb zu nehmen.

Nachdem der **Testsatellit OTS II** (Orbital Test Satellite) für den zukünftigen europäischen Fernmeldesatelliten ECS (European Communication Satellite) im Mai vergangenen Jahres erfolgreich gestartet wurde, sind die Fernsehübertragungsversuche (Punkt-zu-Punkt-Verbindungen) inzwischen nahezu abgeschlossen. Es hat keine wesentlichen Probleme gegeben; bei der Übertragung von Teletext- und SIS (Sound in Sync)-Signalen traten jedoch gelegentlich Schwierigkeiten auf. Die Meßergebnisse werden Mitte 1979 in einem Bericht veröffentlicht.

Bei der IBC (International Broadcasting Convention) im Herbst vergangenen Jahres demonstrierte die englische IBA (Independent Broadcasting Authority) die Möglichkeit, mit Hilfe einer relativ kleinen **transportablen Erdestation** (Spiegeldurchmesser 2,5 m) eine Aufwärtsverbindung zum OTS II herzustellen. Die Technische Zentrale der UER wurde darauf aufmerksam gemacht, daß eine solche Erdestation auch für den zukünftigen ECS von Interesse sein könnte, um kurzfristig eine Verbindung über den Fernmeldesatelliten herstellen zu können.

Die Hauptschwierigkeit dürfte bei dem Vorhaben darin liegen, für diese transportable Aufwärtsverbindung eine Frequenzzuweisung zu erhalten. Üblicherweise werden diese Aufwärtsverbindungen dem festen Funkdienst zugerechnet, und vor jeder Inbetriebnahme der Erdestation wären langwierige Koordinationsverhandlungen notwendig. Bei einem Anfang Januar 1979 in Brüssel anberaumten Treffen von Experten der Arbeitsgruppen R und N sowie der Technischen Zentrale war man sich einig, daß versucht werden müsse, bei der kommenden Funkverwaltungskonferenz (WARC) entweder einen besonderen Frequenzbereich zu erhalten oder zu erreichen, daß ein geeignetes, schnelles Koordinierungsverfahren eingeführt wird.

Es wurde beschlossen, daß die neue Untergruppe T7 (Eurovisions-Satellitenprojekt) in Zusammenarbeit mit der Untergruppe R3 (Satelliten-Rundfunksysteme) dieses Problem bearbeitet.

2.2.3. Rundfunksysteme (Arbeitsgruppe R)

Bei der Aussprache über die Tätigkeit der Arbeitsgruppe R standen die Vorbereitungen für die Funkverwaltungskonferenz (WARC) im Herbst dieses Jahres naturgemäß im Vordergrund. Im Herbst vergangenen Jahres hatte in Genf ein vorbereitendes Treffen (Special Preparatory Meeting, SPM) stattgefunden, auf dem die technischen Grundlagen für die WARC erarbeitet werden sollten. Dort hatte man sich zum Beispiel aber nicht auf eine generelle Leistungsbegrenzung und die zukünftige Verwendung der Einseitenbandtechnik (SSB-Technik) einigen können, mit deren Hilfe die Kanalbandbreite im Kurzwellenbereich reduziert werden könnte. Hier sind weitere Untersuchungen der **Untergruppe R1 (Terrestrische Tonrundfunksysteme)** notwendig.

Ebenfalls in den Zuständigkeitsbereich der Untergruppe R1 fällt der Hörrundfunk im UKW-Bereich (Band II). Falls auf der WARC der UKW-Bereich über 100 MHz hinaus auf 104 MHz oder 108 MHz erweitert wird, muß das Stockholmer Abkommen von 1961 revidiert werden. Nach Meinung der Technischen Kommission sollte eine solche Revision bereits 1981 stattfinden. Für die Untergruppe R1 wird somit das Studium der

entsprechenden Planungsparameter und Planungsverfahren dringlich.

Außerdem sollen in der Untergruppe R1 Verfahren zur Übertragung von Daten zur Identifizierung von Programmen, Stationen und dergleichen weiter untersucht werden. Zu diesem Problembereich gehört auch die Übertragung von Verkehrsinformationen für Autofahrer. Die Untergruppe R1 hat außerdem vor, im Jahre 1980 zum Thema „Autofahrerrundfunk“ eine gemeinsame Tagung mit der Industrie abzuhalten.

Die Integration des Fernsehbegleittons in das Videosignal könnte dazu beitragen, die Kanalbandbreite in den Fernsbereichen merklich zu reduzieren. Seit einiger Zeit sind zu diesem Thema innerhalb der **Untergruppe R2 (Terrestrische Fernseh Rundfunksysteme)** Diskussionen im Gange. Ende Januar 1979 fand dazu auch ein gemeinsames Treffen mit der Industrie statt.

Das neue Tonübertragungsverfahren soll auf digitaler Basis arbeiten und mindestens zwei hochwertige Tonkanäle zur Verfügung stellen. Die Problematik bei der Einführung eines solchen neuen Verfahrens liegt darin, daß existierende Empfangsgeräte für eine längere Übergangszeit weiterhin störungsfrei arbeiten müssen (Kompatibilität). Man wird also in dieser Übergangszeit den Fernsehbegleitton nach dem alten und dem neuen System übertragen müssen. Nach dem bisherigen Zeitplan ist nach einem schrittweisen Übergang die endgültige Einführung des neuen Tonübertragungsverfahrens frühestens für das Jahr 2010 vorgesehen. Zur Zeit ist allerdings noch kein Verfahren in Sicht, das die von der Untergruppe R2 aufgestellten Mindestanforderungen erfüllen könnte. Die Untergruppe V3 (Neue Systeme für die Tonsignalübertragung) ist aufgefordert, nach geeigneten Verfahren Ausschau zu halten.

Für den zukünftigen direkten Satellitenrundfunk im 12-GHz-Bereich ist die Suche nach einem geeigneten Tonübertragungsverfahren für Hörfunkprogramme wesentlich dringender. Bekanntlich planen viele Länder, in zumindest einem der zugewiesenen fünf Fernsehkanäle eine größere Zahl von Hörfunkprogrammen zu übertragen. Hier ist die **Untergruppe R3 (Satelliten-Rundfunksysteme)** aufgerufen, in Zusammenarbeit mit der Untergruppe V3 geeignete Lösungen zu finden, bevor der Satellit NORDSAT der Länder Dänemark, Finnland, Norwegen und Schweden voraussichtlich im Jahre 1982 in Betrieb geht.

Etwas gedämpft wurden vom Vertreter der ESA (European Space Agency) die Erwartungen der Technischen Kommission im Hinblick auf das Rundfunksatellitenprojekt H-SAT. Während im vergangenen Jahr die ESA der Technischen Kommission sehr konkrete Pläne für diesen experimentellen Rundfunksatelliten unterbreitete [2], war in Berlin davon nicht mehr die Rede. Als Grund wurden vom ESA-Vertreter die Absichten mehrerer europäischer Länder (darunter auch der Bundesrepublik Deutschland) genannt, baldmöglichst operationelle nationale Rundfunksatelliten zu betreiben. Die ESA werde nach ihrer gegenwärtigen Planung nur eine Satellitenplattform zur Verfügung stellen, und die UER-Mitgliedsorganisationen müßten jetzt definitiv sagen, was sie wirklich haben wollen. Die Technische Kommission nahm die Äußerungen des ESA-Vertreters mit einiger Verwunderung zur Kenntnis und ließ keinen Zweifel daran, daß die UER weiterhin an dem ursprünglichen H-SAT-Projekt interessiert ist.

Die Studien der ESA für einen Hörfunksatelliten im 1-GHz-Bereich werden von der Untergruppe R3 mit Aufmerksamkeit verfolgt. Problematisch ist allerdings die Zuweisung eines geeigneten Frequenzbereiches bei der kommenden WARC.

Wegen der bevorstehenden WARC kam der Tätigkeit der **ad hoc-Gruppe der Arbeitsgruppe R (Vorbereitung**

der WARC) besondere Bedeutung zu. Die Aufgaben dieser Gruppe waren:

- Analyse der Situation außerhalb der europäischen Rundfunkzone,
- Analyse der Ergebnisse des SPM (Special Preparatory Meeting),
- Vorstellungen der Funkverwaltungen im Vergleich zu denen der UER-Mitgliedsorganisationen.

Zum letzten Punkt hatte die ad hoc-Gruppe die UER-Mitgliedsorganisationen angeschrieben und um deren Stellungnahme gebeten. Dabei sollten die im vergangenen Jahr von der Technischen Kommission der UER in Ohrid verabschiedeten gemeinsamen „Leitlinien für die weltweite Funkverwaltungskonferenz 1979“ [2], Dokument SPB 62 als Grundlage dienen. Die Antworten der UER-Mitglieder waren von der Technischen Zentrale in einem Arbeitspapier zusammengestellt worden, das ausführlich diskutiert wurde.

2.2.4. Neue Verfahren und Systeme (Arbeitsgruppe V)

Die neue Arbeitsgruppe V hat im Januar 1979 ihre erste Sitzung abgehalten. Bei der Aussprache über die Aufgaben und Ziele der Arbeitsgruppe kam der Wunsch zum Ausdruck, die bisherigen Kooperationsbestrebungen der Leiter der Entwicklungs- und Forschungsinstitute der UER-Mitgliedsorganisationen fortzusetzen. Wichtig ist, daß dabei auch ein enger Kontakt zur Industrie gepflegt wird. Weiterhin muß es Aufgabe der Arbeitsgruppe sein, die anderen UER-Gremien rechtzeitig auf zukünftige Entwicklungen und Technologien aufmerksam zu machen.

In diesem Zusammenhang wurde beschlossen, für den UER-Verwaltungsrat ein Papier mit dem Titel „Überblick über neue Systeme und neue Technologien im Rundfunk“ zu verfassen. Ein Entwurf dazu wurde der Technischen Kommission in Berlin vorgelegt. Man war jedoch der Meinung, daß dieser Entwurf überarbeitet und gekürzt werden muß.

Die **Untergruppe V1** befaßt sich mit der digitalen Codierung von Bild und Ton. Zu diesem Zweck waren im vergangenen Jahr in Ohrid drei Spezialistengruppen gebildet worden [2]. Inzwischen wurden diese Spezialistengruppen etwas umorganisiert, und die Untergruppe V1 stellt sich nunmehr so dar:

Untergruppe V1: Digitale Codierung von Bild und Ton
Vorsitz: Y. GUINET, TDF/CCETT

Spezialistengruppe

V1-VID: Parameter, Qualität und digitale Codierung von Videosignalen
Vorsitz: A. H. JONES, BBC

Spezialistengruppe

V1-AUD: Parameter, Qualität und digitale Codierung von Tonsignalen
Vorsitz: G. BILLIA, RAI

Spezialistengruppe

V1-TRANS: Internationaler Ton- und Fernsehprogrammaustausch auf terrestrischem Wege oder über Satelliten
Vorsitz: J. PONCIN, TDF/CCETT

Während sich das Mandat der beiden Spezialistengruppen V1-VID und V1-AUD nicht wesentlich geändert hat, ist die neue Spezialistengruppe V1-TRANS kaum noch mit der bisherigen Gruppe V1-IMP zu vergleichen [2]. Aus diesem Grunde muß die personelle Zusammensetzung der Spezialistengruppe V1-TRANS neu bestimmt werden.

Bisher sind die Bemühungen der Untergruppe V1, innerhalb der UER zu einheitlichen digitalen Codierungsverfahren für Video- und Tonsignale zu gelangen, ohne Erfolg geblieben. Bei der Codierung von Videosignalen

kann man sich nicht darüber einigen, ob das komplette FBAS-Signal digitalisiert werden soll oder ob es zweckmäßiger ist, die Luminanz- und Chrominanzkomponenten getrennt zu codieren. Bei der Digitalisierung von Tonsignalen ist die Situation eher noch schwieriger. Mehrere Verfahren sind vorgeschlagen worden, aber man konnte sich nicht auf einen einheitlichen Standard einigen.

Trotz dieser wenig ermutigenden Situation sollen die Anstrengungen fortgesetzt werden, Beiträge für die CCIR-Zwischentagungen im Jahre 1980 mit dem Ziel zu liefern, bei der CCIR-Vollversammlung im Jahre 1982 zu Empfehlungen für digitale Normen bei der Bild- und Tonübertragung zu gelangen.

Die **Untergruppe V2 (Datenübertragung im Rundfunk)** hat im vergangenen Herbst von der UER den Auftrag erhalten, ihre Bemühungen um einen einheitlichen Standard für Videotext zu intensivieren. Diese Aufgabe zu lösen, wird sehr schwierig sein, denn nach wie vor stehen sich die beiden Systeme Teletext (Großbritannien) und Antiope (Frankreich) konkurrierend gegenüber. Der Gruppe wird möglicherweise nur übrig bleiben, einen universellen Decoder mit einem Mikroprozessor zu spezifizieren. Mit einem solchen Mikroprozessor-Decoder könnten je nach verwendeter Software sowohl Teletext als auch Antiope-Signale empfangen werden.

Als Ergebnis ihrer Studien hat die Gruppe bereits mehrere UER-Beiträge für die CCIR-Studienkommission 11 und die CEPT (Conférence Européenne des Administrations des Postes et des Télécommunications) vorgelegt. Sie befassen sich mit folgenden Themen: Terminologie, Systeme für Datenübertragung im Fernsehkanal, wiederzugebende Zeichensätze (Alphabete), Standards für die Bildschirmwiedergabe, Meßtechnik, Ergebnisse theoretischer und praktischer Ausbreitungsuntersuchungen.

Aufgabe der **Untergruppe V3** ist es, neue Systeme und Dienste für die Tonsignalübertragung beim Hör- und Fernsehrundfunk zu studieren. Die Gruppe hat damit in erweiterter Form das Mandat der bisherigen Arbeitsgruppe S (Stereofonierundfunk und Mehrfachmodulationssysteme) übernommen.

Die Arbeitsgruppe S hat sich bisher in der Hauptsache mit der Untersuchung von Quadrophonie-Verfahren für den Rundfunk und mit neuen Entwicklungen auf dem Gebiet der kopfbezogenen Stereophonie befaßt. Diese Arbeiten sollen auch in Zukunft fortgeführt werden, da bisher kein Verfahren von der UER empfohlen werden konnte. Dazu kommen zwei weitere Studiengebiete. Das eine ist in Zusammenarbeit mit der Untergruppe R3 die Untersuchung von Verfahren, mit deren Hilfe eine größere Anzahl von Tonkanälen hoher Qualität innerhalb eines Fernsehkanals beim 12-GHz-Satellitenrundfunk übertragen werden könnte. Das andere Studiengebiet bezieht sich auf Verfahren zur Übertragung von mindestens zwei Tonkanälen hoher Qualität innerhalb der Bandbreite des Fernsehsignals. Hier ist eine enge Zusammenarbeit mit der Untergruppe R2 erforderlich (siehe auch 2.2.3., Untergruppe R2).

Es dürfte nicht immer ganz einfach sein, die Aufgabengebiete der Untergruppe V3 von denen der Arbeitsgruppe R (bzw. ihrer Untergruppen) abzugrenzen. Man einigte sich darauf, daß die Untergruppe V3 zunächst

Studien in der Richtung durchführen soll, ob das eine oder andere vorgeschlagene Tonübertragungsverfahren grundsätzlich für die Rundfunkübertragung geeignet ist. Wenn diese Frage geklärt ist, soll die weitere Bearbeitung der Arbeitsgruppe R übertragen werden.

3. Kolloquium „Breitbandkommunikation“ (Kabelfernsehen und Lichtleiternetze)

Traditionsgemäß ist während der Jahrestagungen der Technischen Kommission der UER ein halber Tag Referaten, Diskussion und Demonstrationen zu einem aktuellen technischen Thema gewidmet. Diesmal stand dieses Kolloquium unter dem Motto „Breitbandkommunikation“, wobei man in der Hauptsache an Kabelfernsehen und Lichtleiterübertragung dachte.

Zunächst führten zwei Referate in die Thematik ein. H. WILKENS vom Heinrich-Hertz-Institut für Nachrichtentechnik (HHI) in Berlin sprach über „Interaktive Kommunikationssysteme, insbesondere das Laborprojekt Zweiweg-Kabelfernsehen“ und P. RINKLEF vom Bundespostministerium über „Breitbandsysteme mit Rückkanal“. Beiden Referaten konnte man entnehmen, daß neue Kommunikationsformen wie zum Beispiel allgemeine Informations- und Bestelldienste, rechnerunterstütztes Lernen, Dialog mit Datenverarbeitungsanlagen usw. technisch durchaus realisiert werden können, besonders wenn man an die im Vormarsch begriffene Lichtleitertechnik mit ihren hohen Bandbreiten denkt. In der anschließenden Diskussion kam aber auch die Skepsis zum Ausdruck, ob derartig komplizierte und damit technisch aufwendige Kommunikationssysteme überhaupt gebraucht werden.

Die anschließende Besichtigung des Heinrich-Hertz-Instituts gab einen informativen Einblick in die Tätigkeit dieser neuerdings vom Bundesministerium für Forschung und Technologie und vom Land Berlin getragenen Institution, die im Jahre 1978 auf ihr 50jähriges Bestehen zurückblicken konnte.

4. Nächste Jahrestagung

Die britische Rundfunkorganisation BBC hat die Technische Kommission der UER für das nächste Jahr nach Großbritannien eingeladen. Die 32. Jahrestagung wird in der Zeit vom 14. bis 18. April 1980 in London stattfinden. Für das Jahr 1981 liegt eine Einladung nach Portugal vor.

Herbert Fix, Peter Wolf
Institut für Rundfunktechnik, München

SCHRIFTTUM

- [1] Fix, H., Wolf, P.: Die 29. Jahrestagung der Technischen Kommission der UER, Venedig, 19. bis 22. April 1977. Rundfunktechn. Mitt. 21 (1977), S. 87 bis 89.
 - [2] Fix, H., Wolf, P.: Die 30. Jahrestagung der Technischen Kommission der UER, Ohrid/Jugoslawien, 17. bis 21. April 1978. Rundfunktechn. Mitt. 22 (1978), S. 148 bis 152.
- Berichte über Tagungen von Arbeitsgruppen der Technischen Kommission der UER findet man in den Rundfunktechn. Mitt.:
- 22 (1978): S. 153 (N), S. 154 (R1), S. 156 (R4), S. 219 (R2), S. 220 (R3).
- 23 (1979): S. 88 (V), S. 89 (N), S. 90 (R), S. 91 (R2).

62. TAGUNG DER AUDIO ENGINEERING SOCIETY¹

BRÜSSEL, 13. BIS 16. MÄRZ 1979

1. Überblick

Die alljährliche europäische AES-Tagung fand diesmal im Brüsseler Sheraton/Manhattan-Komplex statt. Leider waren sowohl die zur Verfügung stehenden Räumlichkeiten als auch die kongreßtechnischen Einrichtungen des Hauses dieser sehr gut besuchten Veranstaltung nicht ganz adäquat.

In sechs Sessions wurden 44 Vorträge gehalten. Neben den gewohnten Themenkreisen war ein neues Thema zu finden. Durch Aufnahme der Session G „Digital in Audio Technology“ wurde der Drang zur Digitalisierung in der Tonstudiotechnik verdeutlicht. Besonders unterstrichen wurde diese Tendenz auch durch die Publikumsresonanz auf die einzelnen Sessions. Während die erwähnte Session G und ein von Stockham/USA zu später Abendstunde gehaltenes, fast vierstündiges Seminar zum Thema „Application of Digital Technology to Audio Recording“ (Session C) zu einem überfüllten Vortragssaal führten, war die Beteiligung bei den anderen Sessions deutlich zurückhaltender, was nicht nur auf die geringere Aktualität der Vorträge zurückzuführen war, sondern auch auf deren manchmal etwas unzureichendes Niveau. Verstärkt wurde dieser Eindruck oft noch durch das Vorzeigen von einfach nicht mehr akzeptablen Dias. Strengere Maßstäbe von Seiten der Tagungsleitung, gerade an die Qualität der Dias, würde den Vorträgen mit Sicherheit gut tun.

Neben diesen Sessions und dem Seminar fanden noch zwei Foren statt. In dem einen wurde unter der Leitung von Bent F. Hertz/Dänemark die Frage „Absolute Phase Standards in Audio Equipment: A Necessity?“ gestellt (siehe Session H).

In einem zweiten, zusätzlichen Forum gab der AES President-Elect Peter K. Burkowitz/Deutschland, unterstützt von Repräsentanten internationaler Verbände wie RIAA, EIAJ, EBU und OIRT, einen Überblick über den Stand der Entwicklung der Digitaltechnik im Audiobereich und deren Normungschancen. Sehr deutlich wurde innerhalb dieses Forums, das sich auf das Thema digitale Tonsignalspeicherung beschränkte, die Divergenz der Wege der technischen Entwicklung. Die dieser Technik inhärente Möglichkeit, sehr viele verschiedene Lösungswege gehen zu können, wird offensichtlich voll genutzt und es ist etwas beängstigend, wenn schon vor Einführung dieser neuen Technik die Möglichkeiten der Transcodierungen diskutiert werden. Das Fehlen von Standards wurde immer wieder bedauert und der Wunsch nach Standardisierung der kennzeichnenden Systemparameter allseits bekräftigt. Eine Arbeitsgruppe der IEC (innerhalb des TC 60 A) soll sich dieser Fragen annehmen. Darüber hinaus will auch die AES in Technical Committees eigene Standards erarbeiten, die zwar nicht verbindlich sein können, die aber Mißverständnisse zwischen Herstellern und Käufern ausräumen sollen, die die Austauschbarkeit von Produkten erlauben sollen und die beim Auswählen der geeigneten Produkte helfen sollen.

Die Aussichten, bald zu internationalen Standards zu kommen, sind also nicht besonders groß, um so weniger, wie am Beispiel Japan demonstriert wurde, als die dortige Industrie nicht einmal zu nationalen Standards findet.

Wie immer wurde auch diese Tagung wieder von einer Ausstellung begleitet, die in diesem Jahr mit 121 Ausstellern aus Europa und Übersee die bisher wohl größte im europäischen Rahmen war. Erfreulicherweise waren mit einem Anteil von ungefähr 25 % auch US-Firmen angemessen vertreten. Gezeigt wurden Anlagen, Geräte und Zubehör, wie sie für den Rundfunk und die Schallplattenstudios von Interesse sind. Wenn auch auf dieser Ausstellung noch nicht so deutlich wie auf der 61. AES-Convention im Herbst 1978 in New York, so war auch hier schon der Einfluß der Digitaltechnik zu erkennen. Sei es, daß Geräte zur digitalen Speicherung von Tonsignalen auf Band (Kassetten), Platte (optisch) oder in Festwertspeichern (Kennsignalgeber) zu sehen und zu hören waren, sei es, daß die schon „gewohnten“ Geräte zur Tonsignalverzögerung oder zur Nachhallgenerierung aus ihrer Exklusivität heraustreten, da sie von einer immer größeren Zahl von Firmen angeboten werden, oder aber Digitaltechnik „nur“ für Prozeßtechnik genutzt wird, als Abmischhilfen am Regietisch oder als Zeitcode bei Tonbandmaschinen – die Digitaltechnik hat Fuß gefaßt und sie wird die technische Entwicklung bestimmen.

2. Session A: Psychoacoustic Processing Equipment and Computer Aids

Session F: Spatial Sound Record/Reproducing Systems

Session H: Forum: Absolute Phase Standards in Audio Equipment: A Necessity?

Den Sessions A, F und H war gemeinsam, daß psychoakustische Gesichtspunkte bei den besprochenen Verfahren und Geräten eine wesentliche Rolle spielten. Nicht wenige Beiträge bezogen sich unmittelbar auf die Eigenschaften des menschlichen Gehörs.

In Session A nahm V. Nösselt den Übergang zur digitalen Tonsignalverarbeitung zum Anlaß, um eine „realistische“ Hörtheorie zu fordern. Dem „konventionellen Spektralismus“ (vertreten durch Helmholtz, Stumpf, Trendelenburg) setzte er den „klassischen T-Strukturalismus“ (vertreten durch Hermann) entgegen. Leider konnte der Vortragende die Bedeutung dieses Gegensatzes für die digitale Signalverarbeitung nicht klar genug herausarbeiten. In diesem Zusammenhang wurde von den Zuhörern auch die schriftliche Ausarbeitung des schwierigen Themas vermißt, auf die der Vortragende bewußt verzichtet hatte. Falls es das Anliegen des Beitrags war, die Bedeutung der zeitlichen Hüllkurve in Audiosignalen zu unterstreichen, so steht er mit älteren und neueren Forschungsergebnissen in Einklang. Im übrigen ist die Helmholtzsche Phasenregel nach wie vor gültig: Das Amplitudenspektrum eines Signals ist für das Gehör wesentlich wichtiger als das Phasenspektrum, woraus folgt, daß die genaue Übertragung der vollständigen Zeitfunktion eines Tonsignals nicht unbedingt erforderlich ist. Schade, daß der Autor nicht weiter in diese Problematik eindrang, sondern die Helmholtzsche Theorie hauptsächlich dadurch zu entwerthen suchte, daß er sie in einen politischen Zusammenhang mit dem Faschismus und dem Nationalsozialismus brachte.

¹ Die einzelnen Kapitel dieses Beitrags wurden von den folgenden Mitarbeitern des Instituts für Rundfunktechnik verfaßt:

Überblick: H. Jakubowski
 Session A, F und H: P. Schöne
 Session B: W. Walter
 Session E: K. Altmann
 Session G: M. Stübbe

Ein weiterer Beitrag in Session A (der in ähnlicher Form in Session B wiederkehrte) befaßte sich mit dem in den Vereinigten Staaten entwickelten „Aphex Aural Exciter“. Dieses Gerät erzeugt aus einem gegebenen Tonsignal ein Zusatzsignal, das anschließend dem Hauptsignal zugemischt wird. Das Zusatzsignal entsteht durch Hochpaßfilterung (Grenzfrequenz 500 Hz), frequenzabhängige Verzögerung (25 bis 100 Mikrosekunden) und Dämpfung auf 20 bis 30 dB unter den Pegel des Hauptsignals. Diese Signalverarbeitung beruht auf folgenden Annahmen: Das Zusatzsignal ist als Nachbildung einer an der Ohrmuschel reflektierten Schallwelle anzusehen, die gegenüber der direkt in den Gehörgang einfallenden Schallwelle verzögert ist. Die Größe dieser Reflexionsverzögerung hängt beim natürlichen Hören – so wird angenommen – von der horizontalen Schalleinfallrichtung ab, so daß im Schallsignal dieses einen Ohr ein auswertbares Richtungsmerkmal enthalten ist. Da in der Nachbildung durch das Gerät jeder Frequenzbereich eine etwas andere Verzögerung erfährt, enthält das Zusatzsignal für jeden Frequenzbereich ein anderes Richtungsmerkmal. Als Auswirkung dieser Signalverarbeitung werden u. a. folgende Verbesserungen beschrieben:

1. Starke Erhöhung der Sprachverständlichkeit in öffentlichen Fernsprechnetzen,
2. Verbreiterung der Hörereignisse bei Lautsprecherwiedergabe von Sprache und Musik (Mono und Stereo),
3. Erhöhung der Räumlichkeit und Durchsichtigkeit bei Anwendung in der Studioteknik,
4. Stereoähnlicher Effekt in der Beschallungstechnik.

Leider wurden keine Ergebnisse von Hörversuchen vorgestellt, so daß eine Bewertung kaum möglich ist. Eine gewisse Vorsicht scheint jedoch angebracht, wenn ein Verfahren – wie in diesem Fall – folgendermaßen eingeführt wird: „The advent of the Aphex Process of sound enhancement marks the first practical attempt in modern audio to solicit the aid of certain psychoacoustical phenomena.“

In **Session F** wurden räumliche Aufnahme- und Wiedergabeverfahren behandelt. Der Beitrag von Jan J. Geluk enthielt einen fundierten historischen Überblick über die Entwicklung der Stereophonie und der zweikanaligen Rundfunkübertragung. Es wurde deutlich, daß eine zukünftige Erweiterung der räumlichen Abbildung allgemein nur durch die Verwendung von mehr als zwei Lautsprechern erwartet wird. Zwar wurde die Möglichkeit eines Drei-Kanal-Systems mit drei Lautsprechern nicht ausgeschlossen, aber aus Symmetriegründen doch die Wiedergabe über vier Lautsprecher in den Vordergrund gestellt. Jan J. Geluk wies besonders auf die Ungereimtheiten der bestehenden 4-2-4-Matrixsysteme hin (Abhängigkeit von der Mikrofonanordnung, ungeklärter Einfluß der Phasenverschiebungen zwischen den Kanälen, Unbestimmtheit der Decodierung). Sein Vorschlag bestand darin, sich auf einen einfachen, standardisierten Decoder festzulegen (einen modifizierten SQ-Decoder) und ansonsten die Möglichkeiten der Aufnahmetechnik für eine geeignete Zumischung von unkorrelierten Signalen zu nutzen. Auch der Hinweis auf die Möglichkeit eines gesonderten Codesignals zur Übertragung zusätzlicher Richtungsinformation fehlte nicht.

Weitere Beiträge zur Matrixierung handelten von der Technik, bei der abhängig vom Programmsignal bestimmte Steuersignale erzeugt werden, welche die Decodierung verändern (VDP = variable directional preference). Da Hörversuche bisher ausstehen, ist eine Bewertung des Verfahrens noch nicht möglich.

In Konkurrenz dazu steht ein kombiniertes 4-4-4-, 4-3-4-, 4-2-4-Matrixsystem, das auf dem bereits länger bekannten 4-2-4-SQ-System aufbaut. Aus den lebhaften

Diskussionen war zu entnehmen, daß die Entwicklung bei den Matrixsystemen noch nicht abgeschlossen ist.

Ein anderer Weg wird im Verfahren der Eidophonie eingeschlagen. Es betont die Bedeutung der Entfernung für die Lokalisation der reproduzierten Schallquellen. Neu sind Überlegungen, den Bandbreitenbedarf des Verfahrens auf 2×19 kHz zu verringern. Dabei ist vorgesehen, die Bandbreite des „Raumsignals“ von bisher 28 kHz zu vermindern, um es im Frequenzbereich zwischen 15 und 19 kHz zu übertragen. Aus mehreren Gründen ist es derzeit schwierig, das Verhältnis von Aufwand und Nutzen bei der Eidophonie einzustufen:

1. Das Verfahren gründet sich auf die Annahmen, daß die Knochenleitung des Schalls über die Schädelknochen zu den Innenohren ein wichtiger akustischer Eingangskanal des Gehörs sei und daß durch diesen dritten Kanal das Gehör in der Lage sei, die Krümmung akustischer Wellenfronten festzustellen und zur Lokalisation auszunützen. Beide Annahmen sind bisher nicht wissenschaftlich abgesichert.
2. Der technische Aufwand ist sehr hoch, auch wenn das Verfahren nur noch einen Bandbreitenbedarf von 2×19 kHz hat. Aufnahmeseitig ist eine spezielle Mikrofonanordnung mit rotierender Richtcharakteristik, auf der Wiedergabeseite ein Ring von Lautsprechern (8 oder mehr) mit entsprechender Signalverteilung notwendig.
3. Es liegen keine qualitativen Ergebnisse von Hörversuchen vor, die nachweisen, daß die eidophone Übertragung beispielsweise einer Kopfkopfübertragung überlegen wäre. Die Wiedergabetreue (bezüglich Richtung, Entfernung, Klangfarbe, Räumlichkeit o. ä.) ist bisher nicht ausgemessen. Das einzige vorgestellte Meßergebnis (zur Unterscheidbarkeit zweier verschiedenen halliger Schalle) zeigte, daß die eidophone Übertragung im Rahmen der erzielten Meßgenauigkeit nicht besser war als die Kopfkopfübertragung, die bei der Wiedergabe mit zwei Lautsprechern oder einem Kopfhörerpaar auskommt.

Das von B. F. Hertz geleitete Forum über die Notwendigkeit von Phasenstandards in der Tonsignaltechnik (**Session H**) wurde von K. O. Bäder eingeleitet mit einer informativen Übersicht über die neuesten Forschungsergebnisse. Sie betrafen die Hörbarkeit von Phasen- und Laufzeitverzerrungen, die in einem einzelnen Übertragungskanal auftreten, und bestätigten aufs neue, daß solche einkanaligen Phasenverzerrungen sehr unkritisch sind. Zwar bestand Einverständnis darüber, daß unser Gehör auch monaural (d. h. ein Ohr allein) nicht völlig phasentaub ist und daß unter gewissen Bedingungen solche Verzerrungen hörbar werden können. Die Bedeutung für moderne Audiogeräte blieb jedoch umstritten.

Die andere Frage, welchen Einfluß Phasenverschiebungen zwischen zwei oder mehreren Kanälen ausüben, mußte offen bleiben. Offensichtlich fehlt es noch an Meßergebnissen, um die Notwendigkeit einer Standardisierung beurteilen zu können.

(A4) Formant/Fo-relationships and the problem of economization of digitalized audio-signal processing: Volker Nösselt, Communication & Cognition, University of Gent, Belgium.

(A5) Psycho-acoustic technology for improved speech intelligibility in public address systems: Curt Knoppel, Inter-Technology Exchange (ITX) Ltd, Hollywood, California, U.S.A.

Session H

Absolute phase standards in audio equipment: A necessity? A Forum with discussion, initiated and chaired by Bent F. Hertz, Danmarks Radio, Copenhagen, Denmark.

(F1) Psychoacoustically optimised surround-sound decoder using VDP technique: Michael A. Gerzon, Mathematical Institute, Oxford, England.

(F2) Surround-sound systems sharing a common pan locus: Michael A. Gerzon, Mathematical Institute, Oxford, England.

- (F3) Spatial reproduction by eidophony: Paul Scherer, Institut für Technische Akustik der RWTH, Aachen, W-Germany.
- (F5) Compatible stereo broadcasting systems for spatial reproduction: Prof. Dr. Ir. J. J. Geluk, Radio Nederland Wereldomroep, Hilversum, The Netherlands.
- (F6) A new unified 4-4-4-, 4-3-4-, 4-2-4-SQ compatible system of recording and stereo broadcasting: Ben B. Bauer, Consultant CBS Technology Center, Stamford, Connecticut, U.S.A.

3. Session B: Studio and recording techniques

Über eine Anlage zum Mischen und Editieren eines sendefähigen Programmes wurde in B3 berichtet. Mit drei in das Misch- und Steuerpult eingebauten Studio-Kassettenlaufwerken, wovon zwei als reine Abspielmaschinen ausgeführt sind, kann ein elektronischer Schnitt durchgeführt werden. Zur Schnittorientierung dient dabei ein in der Mittenspur aufgezeichneter (nicht standardisierter) Zeitcode. Externe Quellen für den Umschnitt auf Unisette-Kassette oder die direkte Durchschaltung auf den Sender können an den betreffenden Eingängen (Telefon, Tape, Mic etc.) angeschlossen werden. Den Synchronisations- und Steuerungsablauf übernimmt ein integrierter Mikroprozessor, so daß die Anlage für Sendung von einem einzigen Mann bedient werden kann.

Ein automatisches Archivierungs- und Abspielsystem für die Unisette-Kassetten wurde in B5 vorgestellt. Der Wunsch nach größtmöglicher Beweglichkeit der Anlage erfordert die Zuordnung je eines Mikroprozessors zu den einzelnen Komponenten, wie Kassettenarchiv, Transporteinrichtungen und Kassettenlaufwerk. Eine wesentliche Voraussetzung für den automatisierten Programmablauf, nämlich definierte Bandstellen exakt aufzufinden, erreicht man durch Aufzeichnung (Pegel: -30 dB) des von der EBU standardisierten SMPTE-Timecodes in der Mittenspur. Die Positionierung erfolgt in zwei Schritten:

1. Rohpositionierung über zwei von den Wickelmotoren abgeleitete Tachofrequenzen,
2. Aufsuchen des Zeitpunktes über Timecode mit einer Genauigkeit von 0,1 s.

Die Installation dieses Systems ist beim SDR geplant.

Sind beispielsweise bei einer Konferenz mehrere drahtlose Mikrofone in Betrieb, so ist jedem ein eigener HF-Träger und dementsprechend ein eigener Empfänger zugeordnet. Eine andere Lösung hatte B7 zum Thema. Demnach ist es möglich, verschiedene, mit Nummern gekennzeichnete Mikrofone auf einer Frequenz arbeiten zu lassen, wobei jedoch immer nur eines davon auf Sendung ist. Welches das zu sein hat, wird über einen Ultraschallsender mit zugeordneter Frequenz gesteuert. Die Sendefrequenzen liegen knapp über der Hörbarkeitsgrenze - ab 18 kHz, mit Abständen von 500 Hz -, so daß eine spezielle Mikrofonskapsel gleichzeitig als Sprachaufnehmer und Ultraschallempfänger arbeiten kann. Eine solche Anlage mit 10 Mikrofonen konnte sich während der AES-Vortragsreihen bewähren.

Kurze Kennsignale und Unterbrechungszeichen wurden bislang mittels Endlosschleifen erzeugt. Eine digitale Verarbeitung bietet sich hier geradezu an und ein entsprechendes Gerät wurde auch in B8 beschrieben. Für die digitale Speicherung des Signals werden jedoch keine PROMs, sondern kostengünstigere dynamische RAMs verwendet. Dafür muß allerdings einiges für die Überwachung des Speicherinhalts mittels Codesicherung geleistet werden. Auftretende Fehler werden über LEDs angezeigt. Ohne Qualitätsverschlechterung kann das einmal eingelesene Signal beliebig oft abgerufen werden.

- (B3) A new way of making the „electronic cut“ in modern studio-cassette recorders: Max Jensen and Johannes Vesterlund Andersen, Nordisk Elektroakustik, Lynge, Denmark.
- (B5) The professional cassette library system: Miodrag Milicevic, Willi Studer, Regensdorf, Switzerland.

- (B7) Remote control of wireless microphones by ultrasonics: Dr. Hans-Joachim Gries, Sennheiser, Wedemark, W-Germany.
- (B8) Station breaks and line announcements from solid state memory: Karl-Otto Bäder, Franz VertriebsGmbH, Lahr, W-Germany, and Berry A. Blesser of the Massachusetts Institute of Technology.

4. Session E: Measurements and Instrumentation

Während der Besuch der Session G den Eindruck vermittelte, die digitale Schallplatte stehe kurz vor der Einführung, befaßten sich die Vorträge der Session E - von einigen Ausnahmen abgesehen - mit der „analogen Schwester“ und den Abspielgeräten. Ähnlich wie in der Gerätemeßtechnik werden dem Entwickler durch neue Meßverfahren (z. B. Spektrumanalysatoren mit FFT) bessere Möglichkeiten geboten, Störspektren usw. genauer und schneller zu untersuchen. In vielen Fällen fehlen aber noch die Bewertungsmaßstäbe für die Ergebnisse.

Die bessere Qualität direktgeschnittener Schallplatten dürfte wohl die Untersuchungen initiiert haben, über die im Vortrag E6 berichtet wurde. Testsignale und Tonbeispiele wurden mit verschiedenen Aussteuerungen auf Band aufgezeichnet und Kopien in mehreren Generationen gemacht, nach denen Schallplatten geschnitten wurden. Die Verzerrungen der Testsignale wurden gemessen, die Tonbeispiele abgehört. Es zeigt sich, daß bei genauer Einhaltung der Aussteuerung bei den Kopien die Qualität nicht wesentlich verschlechtert wird.

Für die Hersteller von Schallplatten-Schneideeinrichtungen und Testschallplatten ist es notwendig, die Modulation der Schallrinne unmittelbar zu messen. Ein für diesen Zweck optimiertes Interferenzmikroskop wurde im Vortrag E5 vorgestellt. Aus der Forderung, daß zur Messung ein ganzer Schwingungszug des Modulations signals erfaßt werden muß, ergibt sich, daß nur Frequenzen $> 2 \text{ kHz}$ (bei 33 U/min) gemessen werden können. Immerhin beträgt die Meßgenauigkeit $1\% \pm 3 \text{ nm}$.

Interessant ist auch die Frage, welche Anstiegszeiten Schallplatte + Abtaster liefern und wie die Verteilung über der Zeit aussieht (E4). Die Ergebnisse von Untersuchungen an 13 Beispielen (direkt und normalgeschnittene Platten unterschiedlicher Kategorien) lassen als grobe Abschätzung für den nachfolgenden Leistungsverstärker (z. B. 100 W, 8 Ω) eine minimale Slew-Rate von $2 \text{ V}/\mu\text{s}$ erforderlich erscheinen.

Das Plattenabspielgerät kann z. B. durch Tonarmresonanzen, Laufwerkgeräusche und durch akustische und mechanische Rückwirkungen die Qualität der Wiedergabe beeinträchtigen. Im Vortrag E1 wurde aufgezeigt, wie man durch direkte Beschallung des Plattenspielers mit Hilfe eines Echtzeit-Analysators diese Rückwirkungen meßtechnisch erfassen kann. Tonarmresonanzen sind unter Verwendung eines Spektrumanalysators mit FFT bei einmaliger, impulsförmiger Anregung zu ermitteln.

Besondere Aufmerksamkeit gilt auch dem Entzerrervorverstärker, von dem ein geringer Rauschbeitrag und entsprechende Aussteuerungsreserve erwartet wird (E7). Durch die meist im Gegenkopplungsweig angeordneten Entzerrungszeitkonstanten wird die letztere Forderung oft nicht eingehalten bzw. bei der herkömmlichen Meßtechnik auch nicht erfaßt. Weitaus kritischere Meßwerte ergeben sich bei der Messung von Differenzfrequenzen und unter Vorschaltung eines gegenläufigen Netzwerkes vor den Generator.

Wenn man Verstärker automatisch mißt und die Meßwerte durch einen Rechner aufbereitet, besteht die Möglichkeit, Parameter miteinander zu verknüpfen und z. B. zu dreidimensionalen Darstellungen zu gelangen (Verzerrung/Leistung/Frequenz). Durch Einzeichnen bestimmter Grenzflächen lassen sich Überschreitungen sehr schön erkennen. Angemerkt sei noch, daß für die Messung der Verzerrung hierbei ein Subtraktionsverfahren

(Ausgangsspannung minus Eingangsspannung) angewendet wird (E8).

- (E1) Spurious resonances in turntables: Poul Ladegaard, Brüel & Kjaer, Naerum, Denmark.
- (E4) Slew rate distribution of the phonograph signal: Jorma P. J. Lammasniemi and Kari Nieminen, Technical Research Centre of Finland, Electronics Laboratory, Oulu, Finland.
- (E5) A novel optical interferometry technique for the measurement of record groove modulation: Thorkild Sørensen, Knud Harbo Andersen and Claus Hyllested, Ortofon Manufacturing A/S, Valby, Denmark.
- (E6) Non-linear distortions increasing from virgin tape to record reproduction: Otfried Stephani and Björn Blüthgen, Polygram, Hannover, W-Germany.
- (E7) Distortion measurements in equalized amplifiers, such as RIAA-amplifiers: Poul Ladegaard, Brüel & Kjaer, Naerum, Denmark.
- (E8) New methods of amplifier evaluation: T. Fujii, S. Kumaki and T. Sato, Matsushita Electric Industrial Co., Ltd, Osaka, Japan.

5. Session G: Digital in Audio Technology

In der digitalen Tontechnik dürften die Entwicklungen von PCM-Plattenabspielgeräten am weitesten fortgeschritten sein. Eine Standardisierung der rund ein Dutzend verschiedenen Speicherverfahren und Formate ist bisher nicht erfolgt, so daß keinerlei Kompatibilität zwischen ihnen besteht. Dies ist wohl der Anlaß für die zahlreichen Veröffentlichungen, die nicht zuletzt auch dem Zwecke dienen, den jeweiligen Standard als optimal zu präsentieren. Im Gegensatz zur Zurückhaltung auf dem Gebiet der PCM-Magnetbandgeräte war dann auch die PCM-Plattentechnik gut vertreten. Die Victor Company of Japan stellte ein Plattensystem mit kapazitiver Aufzeichnung vor (G1), das unter der Bezeichnung AHD (Audio High Density) mit dem Video-Plattensystem VDH, das auf dem japanischen Markt bereits eingeführt ist, voll kompatibel sein wird.

Durch Entwicklung einer neuen Modulationsart, der sog. „3 pm“ (3-position modulation) konnte die Fa. Sony, Japan (G2), die Speicherdichte ihrer optischen PCM-Platten um 50 % erhöhen. Zur Ausschaltung von Abtast-

fehlern wurde bei diesem System eine sehr umfangreiche Fehlerkorrektur Elektronik entwickelt.

Ein Kompakt-Plattensystem (G3) wurde von der Fa. Philips, Holland, vorgestellt. Das offenbar in der Entwicklung gerade abgeschlossene Gerätekonzept ermöglicht bei Verwendung einer Platte mit etwa 12 cm Durchmesser eine Spieldauer von 1 Stunde. Die mit reflektierendem Licht arbeitende Abtasteinheit besteht aus Laserdiode, Optik und Auslenkspiegel für die Steuersignale als integrierter Baustein und ermöglicht durch seine kleinen Abmessungen einen kompakten und handlichen PCM-Plattenspieler, der sich nicht mehr viel vom Kompakt-Kassettenspieler unterscheidet. Der übliche Dynamikbereich von 85 dB soll auch mit diesem System erreicht werden.

Der einzige Beitrag, der sich mit der digitalen Magnetbandtechnik befaßte, kam von der Fa. Matsushita Electric, Japan (G4). Es wurde hier über einen professionellen Magnetbandgerätetyp referiert, der vor allem für die Produktion von hochqualitativen Programmen vorgesehen ist. Mit seinem Aufzeichnungsformat von 4 Magnet Spuren pro Audiokanal (3 data + 1 parity) bei 38 cm/s Bandgeschwindigkeit hat man einen Kompromiß zwischen betrieblich noch realisierbarer Bitdichte der Aufzeichnung und erforderlicher Bandgeschwindigkeit gewählt. Bei der 24-Kanal-Version werden 96 Magnet Spuren auf einem 1 Zoll breiten Band aufgezeichnet, was nur mit integrierten Magnetköpfen in Dünnfilmmtechnik möglich ist.

- (G1) Digital audio disc (AHD) system: Toshiya Inoue, A. Asano and N. Takahashi, Victor Company of Japan Ltd., Frankfurt, W-Germany.
- (G4) A long-play digital audio disc system: Dr. Toshi T. Doi, Takashi Itoh and Hiroshi Ogawa, Sony Audio Labs., Tokyo, Japan.
- (G7) A digital audio recorder for professional application: H. Matsushima, K. Kanai, T. Mura and T. Kogure, Matsushita Electric Industrial Co., Acoustic Research Labs., Osaka, Japan.
- (G8) A Compact Disc system: Ir. L. Boonstra, Philips Audio, Eindhoven, The Netherlands.

NTG-FACHTAGUNG „HÖCHSTINTEGRIERTE SCHALTUNGEN“ TECHNOLOGIE, SCHALTUNGSTECHNIK, SYSTEME, ANWENDUNGEN

BADEN-BADEN, 3. BIS 5. APRIL 1979

Nach einer Vielzahl von Tagungen mit speziellen Themenstellungen betrachtete die Nachrichtentechnische Gesellschaft (NTG) die Zeit für gekommen, Erfahrungen und Ergebnisse auf dem Gebiet der monolithisch integrierten Halbleiterschaltungen im Blick auf höchste Integrationsgrade auf einem geeigneten Forum zusammenzutragen. So war es das Ziel der von den NTG-Fachausschüssen 3 „Halbleiter (Bauelemente und integrierte Schaltungen)“ und 8 „Großintegration“ unter Mitwirkung weiterer NTG-Fachausschüsse und der Deutschen Sektion des Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) veranstalteten Tagung, die Wege von Forschung und Entwicklung zu höchstintegrierten Schaltungen darzulegen, den Erfahrungsaustausch zwischen Herstellern und Anwendern über die Umsetzung von Systemkonzepten in hochintegrierte Bausteine zu fördern und Anregungen für neue Systeme mit hoch- oder höchstinte-

grierten Schaltungen zu geben. Unter dieser Vorgabe boten in Baden-Baden Fachexperten der Höchstintegrationstechnik in 15 Übersichtsreferaten und 38 Originalbeiträgen Einblick in Technologie, Systemtechnik und Anwendungen höchstintegrierter Schaltungen.

In der Mikroelektronik hat mit den „höchstintegrierten Schaltungen“ die vierte Integrationsstufe seit Einführung des Transistors begonnen, die über die Stationen SSI (Small-Scale-Integration), MSI und LSI (Medium- und Large-Scale-Integration) bis hin zur VLSI (Very-Large-Scale-Integration) führte. Den einzelnen Stufen zuordenbare Werte für die Komponentenzahl pro Halbleiterkristallfläche betragen entsprechend bis zu hundert, bis zu tausend, bis zu einigen zehntausend Transistoren und jetzt schließlich alles oberhalb 20 000. Neben bipolaren Logikschaltungen wie TTL (Transistor-Transistor-Logik), ISL (Integrierte Schottky-Logik) und I²L

(Integrierte Injektions-Logik) kommen für hochintegrierte Schaltungen insbesondere MOS-Schaltungen in Frage. Während Bipolarschaltungen hinsichtlich Geschwindigkeit, niederohmigem Verhalten und Konstanz der Schwellenspannung Vorteile aufweisen, sind MOS-Schaltungen billiger herstellbar, gestatten eine höhere Integrationsdichte, verbrauchen weniger Leistung und eignen sich für dynamische Schaltungen (RAMs, CCDs) sowie für programmierbare, nichtflüchtige Speicher (EPROMs, EAROMs). Bei der gegenwärtigen Entwicklung der MOS-Schaltungen nach weiterer Erhöhung der Komplexität und nach Verbesserung der elektrischen Eigenschaften, insbesondere der Geschwindigkeit und des Leistungsbedarfs, liegen die Aktivitäten sowohl auf schaltungstechnischem Gebiet als auch bei den Herstellungsprozessen. Die Verkleinerung von MOS-Schaltungen unter Beibehaltung des Prozesses erfordert die Beherrschung feinerer Strukturen, dünnerer Schichten, kleinerer Toleranzen und höherer Lagegenauigkeit der Strukturen. Durch gezielten Einsatz der Ionenimplantation kann unerwünschten Effekten bei Verkleinerung der Transistoren begegnet werden. Die Entwicklung fortschrittlicherer MOS-Prozesse hat zu einer Vielzahl von Prozeßvarianten (CMOS, DMOS, VMOS, NMOS, FAMOS) geführt. Zur Verminderung der parasitären Kapazitäten in MOS-Schaltungen wurden selbstjustierende Prozesse (z. B. der Silizium-Gate-Prozeß) und die sog. SOS-Technik (Silizium auf isolierendem Substrat) entwickelt.

Um die für größtintegrierte Schaltungen erforderlichen Integrationsdichten zu erhalten, müssen Verfahren der Strukturübertragung verfügbar sein, die Bauelemente- und Verdrahtungsstrukturen in den geometrischen Abmessungen kleiner $2\text{ }\mu\text{m}$ zu übertragen gestatten. Die heutigen fotolithographischen Abbildungsverfahren mit direktem Kontakt zwischen Maske und Scheibe, die Proximityverfahren mit Zwischenraum zwischen Maske und Scheibe und die Projektionsverfahren mit Abbildung der Maske auf der Scheibe über ein Linsen- und Spiegelsystem erlauben, Geometrien im $3\text{-}\mu\text{m}$ -Bereich reproduzierbar herzustellen. Für den 1- bis $3\text{-}\mu\text{m}$ -Bereich wurde mit dem Step- und Repeatverfahren ein aus der Maskenherstellung bekanntes Prinzip der Vervielfältigung in die Scheibentechnologie übernommen. Hierbei werden die Strukturen der verschiedenen Maskenebenen einer integrierten Schaltung bei gleichzeitiger $5:1$ -Verkleinerung direkt auf die mit lichtempfindlichem Material beschichteten Scheiben übertragen. Für noch kleinere Strukturen scheiden lichtoptische Verfahren prinzipiell aus, da die Abmessungen der Strukturen dann in der Größenordnung der Lichtwellenlänge (400 bis 800 nm) liegen. Für die Lithographie kommt dann nur noch eine kurzwelligere elektromagnetische Strahlung wie Röntgenstrahlen ($0,5$ bis 2 nm) und Elektronenstrahlen ($< 0,1\text{ nm}$) in Frage.

Elektronenstrahl- und Röntgenlithographie werden zur Zeit in Forschungs- und Entwicklungslabors weltweit intensiv bearbeitet. Gegenüber der bisher vorherrschenden lichttechnischen Herstellweise der Masken können bei Einsatz der Elektronenstrahltechnologie durch die Verminderung der Zahl der Zwischenschritte mittels unmittelbarer Strukturierung im Maßstab $1:1$ auf dem endgültigen Maskenträger, durch bessere Positionierung innerhalb einer Maske und bessere Deckungsgleichheit der verschiedenen Masken oder gar durch die Herstellung der Strukturen direkt auf der Si-Scheibe, d. h. völliger Wegfall der Masken und der Maskenjustierung und -belichtung, Fehler vermieden, Ungenauigkeiten vermindert und Zeit gespart werden. Zur Verbesserung der Kantendefinition der Leiterbahnstrukturen empfehlen sich anstelle der bisher verwendeten naßchemischen Verfahren zum Strukturätzen Alternativverfahren wie Plasma- oder Ionenstrahl-Ätzen.

Die direkte Elektronenstrahlbelichtung der Metallisierungsebene von Wafern läßt sich mit Vorteil beim Einsatz von Universalschaltkreisen für die Kleinserienfertigung von Test- und Kundenschalungen heranziehen. Bei diesen Schaltkreisen, bekannt auch als ULA (Uncommitted Logic Array), sind bis zu einigen 1000 aktive und passive Bauelemente auf einem Chip angeordnet, wobei die endgültige Schaltung erst durch den Entwurf der Leiterbahn-Maske festgelegt wird. Als Anwendungsbeispiel für die Elektronenstrahlbelichtung von Universalschaltkreisen mit erheblicher Einsparung an Entwurfszeit wurde die on-chip-Programmierung eines CCD-Tansversalfilters vorgestellt.

Der auch auf lange Sicht praktisch unbegrenzt erscheinende Kapazitätsbedarf für die Speicherung von Daten begründet auch weiterhin die Pilotrolle des Halbleiterspeichers als Schrittmacher der Höchstintegration. Seine rasante technologische Entwicklung ermöglichte erst die Ablösung des Kernspeichers in Datenverarbeitungsanlagen und die Realisierung des Mikrocomputers. So konnte die Transistorzelle dynamischer Speicher durch die Anordnung des Speicherkondensators platzsparend über oder unter dem Auswahltransistor noch stärker integriert werden, wie die vertikal integrierte Zelle eines dynamischen 64-kBit -Speicherbausteins in VMOS-Technik zeigt. Durch eine „ähnliche“ Verkleinerung aller lateralen und vertikalen Abmessungen bis um den Faktor 10 (von 3 auf $0,3\text{ }\mu\text{m}$) und durch eine Vergrößerung der Chipfläche bis um den Faktor 10 (von 40 auf 400 mm^2) könnte noch vor dem Jahre 2000 eine 1000 fache Speicherkapazität von 250 MBit realisiert werden. Bei einer weiteren linearen Verkleinerung um den Faktor 5 ($0,06\text{ }\mu\text{m}$ Leiterbreite) bis nahe an die physikalische Grenze der Halbleitertechnik ($0,03\text{ }\mu\text{m}$) ließe sich die Speicherkapazität bis etwa zum Jahre 2020 noch einmal vertausendfachen. Im Grenzfall ist somit eine Baustein-kapazität von 250 GBit auf einer Halbleiterscheibe von 150 mm Durchmesser vorstellbar; dies entspräche der mittleren Kapazität eines heutigen Magnetbandarchivs, allerdings bei einer Zugriffszeit von wenigen Nanosekunden statt Minuten.

Magnetblasenspeicher stellen die jüngste Spielart magnetischer Informationsträger für die Datenverarbeitung dar. Mit diesen Bauelementen ist es erstmals gelungen, einzelne magnetische Domänen und ihre gesteuerte Bewegung für die Datenspeicherung nutzbar zu machen. In ihrer technischen Realisierung bieten sie die Möglichkeit, die bisher ungefüllte Lücke im Preis/Leistungsverhältnis zwischen Halbleiterspeichern und magnetomotorischen Speichern zu füllen: Gegenüber ersteren können sie höhere Integrationsdichten und geringere Herstellungskosten, gegenüber letzteren höhere Arbeitsschwindigkeiten und ihre Festkörpurnatur ins Feld führen. Während 256-kBit -Magnetblasenchips bereits erhältlich sind, befinden sich noch höherintegrierte Bausteine mit Speicherkapazitäten von 500 kBit und 1 MBit gegenwärtig in der Entwicklung. In künftigen Datenverarbeitungssystemen wird sich ihr Einsatz insbesondere als funktionelle Erweiterung der magnetomotorischen Speicher anbieten.

Die für die Integration immer größerer Speicherkapazitäten in einem Halbleiterchip erforderliche Verkleinerung der geometrischen Strukturen der Einzelemente und Vergrößerung der Chipfläche erhöhen die Wahrscheinlichkeit von Herstellungsfehlern und führen zur Verringerung der Ausbeute. Durch zusätzliche Schaltungsmaßnahmen läßt sich jedoch eine Anzahl von Herstellungsdefekten tolerieren, so daß ein Teil der fehlerbehafteten Speicherschaltungen einzusetzen ist. Eine Möglichkeit der Tolerierung von Fehlern besteht darin, Adressen und Art (Einzelbitfehler, Reihen-, Spaltenfehler) des defekten Speicherbereichs in einer nichtflüchtig pro-

grammierbaren Logikschaltung (FLPA) abzuspeichern, die bei jedem Ansprechen der Adressen von defekten Speicherzellen auf Reserveplätze umschaltet.

Die Weiterentwicklung der technologischen und lithographischen Prozesse erlaubt eine ständig größer werdende Anzahl von Transistoren auf einem Kristall zu plazieren, wodurch die Realisierung des Layoutentwurfs auf zunehmende Schwierigkeiten stößt. So gewinnen rechnergestützte Entwurfsverfahren immer mehr an Bedeutung, die den Entwickler durch Übernahme der menschlich kaum noch zu bewältigenden Bearbeitung von komplexen Datenmengen bei der Verifizierung seines Schaltungs- und Layoutentwurfes unterstützen. Dabei geht die Tendenz dahin, bereits bestehende Entwurfsverfahren für Teilbereiche zu geschlossenen CAD-Systemen zusammenzufassen, angefangen von Schaltungsentwurf und Netzwerkbeschreibung, über Logiksimulation, Testprogrammerzeugung, Layoutentwürfe für einzelne Funktionsblöcke, ihre Platzierung und Verbindung untereinander bis hin zur Kontrolle der vom angewandten technologischen Herstellungsverfahren einzuhaltenden Sicherheitsabstände.

Mikroprozessoren und Mikrocomputer gehören wie die Halbleiterspeicher zu den Schrittmachern der Mikroelektronik. Der Idee, ganze Systeme auf einen Chip zu integrieren, ist man bei anwendungsspezifischen Mikrocomputersystemen einen bedeutenden Schritt nähergekommen. Die extrem hohe Funktionsdichte pro Fläche bei niedrigem Preis erklärt den wachsenden Einsatz solcher Ein-Chip-Mikrocomputer bei Haushaltsgeräten, im Fernsehen oder im Auto. Allerdings verhindert ihre zunehmende Komplexität immer stärker einen universellen Einsatz. Multi-Chip-Systeme mit Datenverarbeitungsweiten von 8 Bit und Speicherkapazitäten von 4 bis 64 kWorte weisen gegenüber konventionellen Lösungen mit MSI-TTL-Logik oder gegenüber kundenspezifischen Schaltkreisen geringere Hardwarekosten auf. Auch bei Multi-Chip-Systemen mit Datenverarbeitungsweiten von 16 Bit und Speicherkapazitäten bis zu 2 MWorte konnten die Hardwarekosten gegenüber bekannten Minirechnern gewaltig gesenkt werden; allerdings spielen hier die Softwarekosten für das Betriebssystem und die Anwendungsprogramme die ausschlaggebende Rolle. Höhere Programmiersprachen wie FORTRAN, COBOL, PASCAL und BASIC werden zunehmend die Assembler-Programmierung verdrängen. Dieser Trend wird durch neue Mikrocomputer-Systemarchitekturen gefördert, die die stufenweise oder die direkte Verarbeitung (Interpretation) von höheren Programmiersprachen unterstützen. Für die zukünftige Mikrocomputerentwicklung wurde folgende Prognose abgegeben: Ein-Chip-Mikrocomputer werden weiter zunehmen, Multi-Chip-Systeme mit 4 Bit werden völlig verschwinden, mit 8 Bit stark und selbst mit 16 Bit leicht abnehmen; dagegen werden sich Systeme mit 32 Bit bis 1985 einführen.

Mit der extremen Verbesserung des Preis/Leistungsverhältnisses höchstintegrierter Schaltungen empfiehlt sich die Unterhaltungselektronik in zunehmendem Maße als Anwender der VLSI-Technik. So können insbesondere Funktionen, die heute wegen ihres hohen Aufwands noch den professionellen Studiogeräten vorbehalten sind, in Zukunft auch in Geräten des privaten Bereiches verwirklicht werden. Neben Funktions-, Zeit- und Programmsteuerungen zur Erhöhung des Bedienungskomforts und zur Zusammenfassung vorhandener Geräte der Unterhaltungselektronik werden im Bereich „Video“

insbesondere neu hinzukommende periphere Gerätegruppen, die um den Fernseher als „Zentraleinheit“ Eingang finden werden, ausschließlich von digitalen Lösungen beherrscht und somit der Höchstintegration zugänglich. Die Bildschirmspiele der 3. Generation mit ihren wesentlich gesteigerten Möglichkeiten greifen auf Mikroprozessor und Datenspeicher zurück, für die neuen Textkommunikationsdienste Bildschirmtext und Videotext wird die Zusammenfassung möglichst vieler Funktionen auf einer integrierten Schaltung angestrebt, wobei geeignete Schnittstellen für zusätzliche Seitenspeicher oder für periphere Geräte wie Datenkassette und Drucker vorzusehen sind. Mit Hilfe von Eingabetastatur, Videodisplaygenerator und Möglichkeiten des Dialogverkehrs läßt sich das Fernsehgerät als „Homecomputer“ einsetzen, und die Fortschritte der Halbleitertechnologie in Form von CCD-Zeilen werden der Film- und Diawiedergabe auf dem Fernsehschirm, Flächensensoren einer röhrenlosen Heimkamera zugutekommen. Eine preisgünstige Verfügbarkeit digitaler Bildwiederholpeicher wird neben der Festbildübertragung schließlich auch das flimmerfreie Fernsehbild durch Erhöhung der Teilbildwechselrate von 50 auf 100 Hz möglich machen.

Auch die analoge und digitale Signalverarbeitung in nachrichtentechnischen Systemen lenkt in zunehmendem Maße die Aufmerksamkeit auf die Einsatzmöglichkeiten von Größtintegrationsschaltungen. Während in den Übertragungssystemen für den Weitverkehr solche Schaltungen nur in begrenztem Umfang notwendig werden, nehmen ihre Einsatzmöglichkeiten in den teilnehmernahen Einrichtungen deutlich zu. Schnittstellen zwischen TDM-Ortsvermittlungsnetzen und Teilnehmer, Einrichtungen für die digitale Basisbandübertragung oder neue Dienstleistungen wie Bildschirmtext stellen Anwendungen im Bereich der Fernsprech- und Daten-Ortsnetze dar. Dank der neuerdings bestehenden Möglichkeit, auch große dielektrische Kapazitäten zu integrieren, lassen sich bestimmte Baugruppen mit analogen Funktionen, wie Filter, monolithisch mit großer Genauigkeit realisieren. Die Programmierbarkeit digitaler Schaltungen bietet in Form programmierbarer Filter oder adaptiver Systemkomponenten zahlreiche Anwendungsmöglichkeiten bei der digitalen Verarbeitung von Signalen. So sind für die Vollduplex-Übertragung auf Zweidrahtleitungen, für die Echoentzerrung in Datenetzen oder für die Sprachdigitalisierung mittels adaptiver Deltamodulation in digitalen Fernsprechnetzen entsprechende Schaltkreise bereits in der Entwicklung. Aber auch für zukünftige Bewegtbild-Kommunikationsdienste, wie Konferenzfernsehen oder Bildfernsprechen, ist die Schaffung geeigneter VLSI-Bausteine für die einzusetzenden Geräte erforderlich, wenn diese Dienste preisgünstig angeboten werden sollen.

Die Gesamtveranstaltung wurde von einer Podiumsdiskussion mit Vertretern aus Politik, Wirtschaft und Hochschulen zum Thema „Chancen und Gefahren der Mikroelektronik“ abgerundet, in der die unterschiedlichen Meinungen, vornehmlich zwischen Industrie und Gewerkschaft, über Nutzen oder Schaden der Mikroelektronik in ihren Auswirkungen auf Technik, Wirtschaft und Gesellschaft der 80er Jahre neuerlich zutage traten.

Zu erwähnen wäre schließlich noch, daß bereits zur Tagung die Kurzfassungen aller Referate als Band 68 der NTG-Fachberichte vorlagen.

Gerhard Möll

Institut für Rundfunktechnik, München

ANKÜNDIGUNG VON VERANSTALTUNGEN

Termine

24. 8. – 2. 9. 1979 Berlin	Internationale Funkausstellung	24. 9. – 30. 11. 1979 Genf	WARC 79 Weltweite Funkverwaltungs- konferenz
6. 9. – 10. 9. 1979 Mailand	Salone Internazionale della Musica e High Fidelity	5. 3. – 7. 3. 1980 Mannheim	5. NTG-Fachtagung „Hörrundfunk“
17. 9. – 20. 9. 1979 Brighton	EuMC 79 9. Europäische Mikrowellenkonferenz	11. 3. – 13. 3. 1980 München	DAGA Jahrestagung der Deutschen Arbeitsgemeinschaft für Akustik
17. 9. – 21. 9. 1979 Dortmund	7. Jahrestagung der Fernseh- und Kinotechnischen Gesellschaft (FKTG)	23. 4. – 25. 4. 1980 München	NTG-Fachtagung „Richtfunk“
20. 9. – 26. 9. 1979 Genf	TELECOM 79 3. Weltausstellung des Fernmelde- wesens	24. 3. – 28. 3. 1980 Stuttgart	Eurocon 80 Fourth European Conference on Electrotechnics

BUCHBESPRECHUNGEN

Frequency Synthesis. Theory, Design & Applications. Von V. F. Kroupa, 295 Seiten, 183 Bilder, Format 23 cm x 16 cm, Kunststoffeinband, Charles Griffin & Company Ltd., London 1973, Preis 7.00 Pfund, ISBN 0 85264 190 7.

In der Nachrichtentechnik sind im Laufe der letzten Jahre die Anforderungen an die Frequenzstabilität elektronischer Schaltkreise ständig gestiegen.

Dies hat zu neuen, raschen Entwicklungen auf dem Gebiet der Frequenzsynthese geführt.

Der Verfasser, Dozent an der Tschechischen Akademie der Wissenschaften, gibt in seinem Buch eine klare, systematische Einführung in das Gebiet der Frequenzsynthese.

Die neun Abschnitte, die wiederum vier bis sieben Unterabschnitte enthalten, enden jeweils mit einer Zusammenfassung der wichtigsten Punkte und einem ausführlichen Literaturverzeichnis. Die ersten vier Abschnitte befassen sich eingehend mit den Grundbausteinen der Frequenzsynthese:

- Erzeugung harmonischer Schwingungen
- Frequenzvervielfachung
- Frequenzteilung
- Frequenzmischung.

Mathematische Grundlagen werden ausführlich behandelt. Sie tragen wesentlich zum Verständnis der Theorie der Frequenzsynthese bei.

Im Hauptabschnitt wird die mathematische Theorie der Frequenzsynthese zur Entwicklung von Frequenzsynthesizern erläutert. Mit Hilfe der Grundbausteine wird gezeigt, wie aus einer Standardfrequenz eine beliebige, feste oder aber eine beliebige, einstellbare Frequenz abgeleitet werden kann. Dazu werden Beispiele angegeben. Die Lösung der Aufgaben geschieht in der Weise, daß zunächst die mathematische Gleichung aufgestellt und daraus das Blockschaltbild systematisch entwickelt wird.

In einem gesonderten Abschnitt wird das Prinzip der phasenstarrten Schleife (phaselock loop) erörtert.

Die Realisierungsmöglichkeiten für phasenstarre Frequenzsynthesizer werden diskutiert.

Beispiele für die Anwendung der Frequenzsynthesizer, unter anderem in der Sende- und Empfangstechnik, werden angeführt. Spezielle Probleme bei der praktischen Realisierung von Frequenzsynthesizern, wie Intermodu-

lation, Rauschen, Phasen- und Frequenzschwankungen, werden sehr ausführlich angesprochen. Eine klare Gliederung, die systematische Behandlung einzelner Probleme, ein ausführliches Sachregister, eine Auflistung der verwendeten Symbole und ein Namensregister von Herstellern geeigneter elektronischer Bausteine lassen dieses Buch sowohl als Lehrbuch als auch als Nachschlagewerk sehr geeignet erscheinen.

Dietmar Kienast

Partielle Differentialgleichungen in der mathematischen Physik. Von S. G. Michlin. 519 Seiten, 56 Bilder, Format 24,5 cm x 17,5 cm, Leineneinband, Verlag Harri Deutsch, Zürich-Frankfurt/Main-Thun 1978, Preis 79,80 DM, ISBN 3-87144-364-6.

Unlängst erschien dieses Lehrbuch im Verlag Harri Deutsch (Thun) als Lizenzausgabe des Akademie-Verlages (Berlin, DDR) für das Gebiet der Bundesrepublik Deutschland. Es ist aus Vorlesungen entstanden, die der Verfasser an der Leningrader Universität gehalten hat. Dabei verwendete er teilweise sein vorangegangenes Buch „Lehrgang der mathematischen Physik“, ebenfalls im Akademie-Verlag erschienen.

Der Verfasser hielt es im Hinblick auf praktische Anwendungen für notwendig, in einem neuen Lehrbuch über partielle Differentialgleichungen sich eng an die klassischen Gleichungen und Aufgaben der mathematischen Physik anzulehnen und dabei zugleich die Methoden der Funktionalanalysis zu verwenden. So werden in diesem Buch hauptsächlich die drei grundlegenden Typen von partiellen Differentialgleichungen der Physik behandelt: die elliptischen, parabolischen und hyperbolischen Gleichungen. Dabei werden die Laplace-, die Wärmeleitungs- und die Wellengleichung hervorgehoben. Die Gliederung des Stoffes ist übersichtlich und besteht nach einer kurzen Einführung aus vier Teilen:

- Ergänzende Fragen der Analysis
- Allgemeines über partielle Differentialgleichungen
- Gleichungen vom elliptischen Typ
- Nicht stationäre Gleichungen.

Diese Abschnitte teilen sich weiter in insgesamt 28 Kapitel. Hierbei werden die Kapitel über die Behandlung des Dirichletschen und des Neumannschen Problems sowie der Potentialtheorie besonders ausführlich darge-

stellt. Ein Literatur- und ein Sachverzeichnis schließen sich an.

In Anbetracht der Tatsache, daß sich funktionalanalytische Rechenmethoden heute in zunehmendem Maße auch bei den theoretischen Ingenieurwissenschaften durchsetzen, ist dieses Lehrbuch nicht nur für den Mathematiker und mathematischen Physiker interessant.

Martin Dahme

Die Redaktion weist außerdem auf folgende Veröffentlichungen hin:

Internationale FET-Vergleichsliste. Amerikanische, europäische und japanische Feldeffekt-Transistoren mit elektrischen und mechanischen Daten, Herstellern und Vergleichslisten. Von Thomas, Dundas Towers. 69 Seiten, Format 25 cm x 18 cm, kart., Francis-Verlag, München 1978, Preis 19,80 DM, ISBN 3-7723-6611-2.

Dieses Tabellenwerk ist übersichtlich in numerischer und alphabetischer Reihenfolge angelegt. Der Anwender erhält mit diesem Buch eine internationale FET-Vergleichsliste, mit der er schnell und rationell arbeiten kann.

Neue Antennenentwicklungen. Bei der RCA GmbH in Quickborn sind Veröffentlichungen verfügbar, die sich mit neueren Entwicklungen und Untersuchungen an Fernseh- und Rundfunkantennen befassen.

Die erste ist betitelt „Measurement and Evaluation of Television Signal Reflections“ und befaßt sich mit Messungen an zirkularpolarisierten Antennen.

Ein anderer Artikel behandelt die Rechenmethode zur Ermittlung des Gewinns von Fernsehantennen.

In einer dritten Veröffentlichung wird eine neue zirkularpolarisierte UKW-Antenne für hohe Leistungen vorgestellt.

NACHRICHTEN

Erste Richtfunkstrecke in digitaler Technik

Die Deutsche Bundespost (DBP) hat am 15. März 1979 in einem Versuchsnetz ihre erste Richtfunkübertragungsstrecke in digitaler Technik in Betrieb genommen. Nach mehr als 30 Jahren analoger Richtfunkübertragung wird mit diesen Geräten der erste Schritt in neue Verfahren und Frequenzbereiche getan. Das zwischen dem Zugspitzplateau und dem Lauberhorn mit den neuen Digitalgeräten betriebene 20 Kilometer lange Erprobungsfunkfeld arbeitet im 15-GHz-Bereich. Die Erfahrungen auf der Versuchsstrecke über die Ausbreitung und Übertragung von digitalen Funksignalen ergeben die Grundlage für weitere Planungen zur Verdichtung des Nachrichtennetzes der DBP.

Nach einer AEG-Presseinformation

Neuer Fernsehprogramm-Verteiler für Richtfunk

Für die Übertragung von Fernsehprogrammen – sowohl zwischen den Rundfunkanstalten als auch von den Rundfunkanstalten zu den einzelnen Fernsehsendern – werden vorwiegend Richtfunkverbindungen benutzt. Flexible Netzstrukturen bilden dabei die Voraussetzung dafür, daß sehr schnell und zuverlässig Verbindungen geschaltet werden können, die über den regionalen Bereich und vielfach auch über die Landesgrenzen hinausgehen, zum Beispiel bei Eurovisionssendungen. Für den sicheren und schnellen Aufbau solcher Verbindungen gibt es jetzt einen neuen vollelektronischen Schaltverteiler, mit dem die Programmschaltungen in der bei Richtfunkgeräten üblichen 70-MHz-Zwischenfrequenzlage durchgeführt werden, so daß zur Programmverteilung keine zusätzliche Demodulation und Modulation bis ins Basisband notwendig sind.

Mit dem neuen ZF-Schaltverteiler, der nach dem Prinzip des Kreuzschienenverters arbeitet, läßt sich jede ankommende Leitung auf eine oder mehrere abgehende Leitungen schalten. In den Signalwegen werden keine elektromechanischen Schaltglieder mehr verwendet.

Nach einer Siemens-Presseinformation

Digital-Netz für die Tonprogramm-Übertragung in Norwegen

Die norwegische Tele-Verwaltung erteilte den Auftrag, ein das ganze Land umspannendes Digital-Netz für die Tonprogramm-Übertragung über 2-MBit/s-Verbindungen einzurichten. Über vorhandene Richtfunkstrecken können damit alle Hörfunkstudios untereinander und mit allen Hörfunksendern im Land verbunden werden. Das Netz ist für die Übertragung von Stereoprogrammen mit

15 kHz Bandbreite ausgelegt. Der spätere Ausbau für gemischte Belegung, das heißt mit Ton- und Fernsprechanälen, ist vorgesehen. Für das Digital-Tonnetz, das gegenüber einem Analog-Netz noch größere Störfreiheit bietet, hat sich die Tele-Verwaltung auch deshalb entschieden, weil in Norwegen Planung und Aufbau eines Digital-Fernsprechnetzes schon weit fortgeschritten sind.

Nach einer Siemens-Presseinformation

Rundfunkteilnehmer-Statistik

Stand 31. März 1979

	Gebühren- pflichtige Teilnehmer	Zunahme (Abnahme) seit 31. 12. 78	Anteil in %
H ö r f u n k			
BR	3 522 305	+ 17 604	16,9
HR	1 929 695	+ 11 136	9,2
NDR	3 933 020	+ 25 172	18,9
RB	275 368	+ 2 207	1,3
SR	363 035	+ 2 133	1,7
SFB	911 814	+ 4 119	4,4
SDR	2 038 254	+ 20 010	9,8
SWF	2 468 844	+ 18 547	11,8
WDR	5 413 475	+ 31 312	26,0
Summe	20 855 810	+ 132 240	100,0
F e r n s e h e n			
BR	3 242 121	+ 25 654	16,9
HR	1 760 166	+ 12 419	9,2
NDR	3 653 056	+ 26 810	19,0
RB	254 437	+ 1 921	1,3
SR	341 266	+ 2 088	1,8
SFB	836 003	+ 4 370	4,4
SDR	1 757 957	+ 21 076	9,2
SWF	2 183 874	+ 16 704	11,4
WDR	5 138 438	+ 37 214	26,8
Summe	19 167 318	+ 148 256	100,0

Die Anzahl der darüber hinaus aus sozialen Gründen von der Gebührenpflicht für den Hör- und Fernseh Rundfunk befreiten Teilnehmer betrug 2 876 498 am 31. März 1979.

RUNDFUNKVERSORGUNG IN DER BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND UND BERLIN (WEST)

Mittelwellensender

Berichtigung

Die im Heft 1, Februar 1979 auf Seite 54 angegebenen Werte beim Mittelwellensender Flensburg des Norddeutschen Rundfunks für Senderleistung und Leistung e.m.r.p. beim Tagbetrieb sind vertauscht worden.

Richtig muß es heißen:

Flensburg 702 kHz Senderleistung **T 5 kW**
und Leistung e.m.r.p. **T 8 kW**.

Alle anderen Werte bleiben unverändert.

Kurzwellensender

Änderung

Bayerischer Rundfunk

Der BR hat am 21. Februar 1979 an seinem Kurzwellensender „München-Ismaning“ auf der Frequenz 6 085 kHz eine Leistungserhöhung vorgenommen.

Der Sender strahlt nunmehr mit einer Leistung von 50 kW das 1. Hörfunkprogramm aus.

Ultrakurzwellensender

Inbetriebnahme

Bayerischer Rundfunk

Der BR hat an seinem Standort „Passau/Kühberg“ einen weiteren UKW-Sender in Betrieb genommen.

Der Sender strahlt im Kanal 2/87,7 MHz mit einer Leistung von 0,5 kW/ERP das 1. Hörfunkprogramm aus.

Änderung

Westdeutscher Rundfunk

Der WDR strahlt seit Dezember 1978 über seinen UKW-Sender Aachen-Stolberg 1, Kanal 3/88,0 MHz auch Stereoprogramme aus.

Fernsehsender

Inbetriebnahmen

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

Station	Kanal	Offset	Leistg. ERP W	Pol.	Azimut Grad	Tag der Inbetrieb- nahme
Bayerischer Rundfunk						
Gungol- dingen	9	6M	4	H	290; 15	28. 02. 79
Miltach	12	8P	4	H	75; 282	27. 03. 79
Walderbach	60	5P	45	H	10	26. 03. 79

Süddeutscher Rundfunk

Kocher- steinsfeld	12	6P	5	H	105; 170; 240	21. 02. 79
Wester- stetten	6	6P	1	V	220	6. 03. 79

Westdeutscher Rundfunk

Alchen	46	8M	3,5	H	70	26. 03. 79
--------	----	----	-----	---	----	------------

Änderung

Westdeutscher Rundfunk

Der WDR hat an seinem Füllsender „Rudersdorf“ für das I. Fernsehprogramm folgende Änderung vorgenommen (die geänderten Werte sind **halbfett** gedruckt):

Station	Kanal	Offset	Leistg. ERP W	Pol.	Azimut Grad	Tag der Änderung
Rudersdorf	10	6P	0,5	V	335	8. 03. 79

Herausgeber: Institut für Rundfunktechnik GmbH, München.

ISSN 0035-9890

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

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

Redaktioneller Beirat: Dipl.-Ing. H. Eden, Dr. H. Großkopf, Dr. G. Plenge, Floriansmühlstraße 60, 8000 München 45. Verlag: Mensing GmbH + Co KG, Schützenwall 9—11, 2000 Norderstedt. Es erscheinen jährlich 6 Hefte mit einem Gesamtumfang von etwa 300 Seiten. Bezugspreis: Jahresabonnement 92,50 DM zuzüglich Versandkosten. Bezugsbedingungen: Bestellungen über den Buchhandel oder beim Verlag. Abbestellungen müssen 6 Wochen vor Ablauf des Kalenderjahres vorliegen. Einzelhefte werden nach Umfang berechnet und über den Buchhandel ausgeliefert. Auslieferungsdatum 4. 7. 1979. Einzelpreis dieses Heftes 27,60 DM. 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 GmbH + Co KG, Schützenwall 9—11, 2000 Norderstedt, Ruf (040) 5 25 20 11 und alle Werbemittler. Zur Zeit gilt Anzeigenpreisliste Nr. 10.

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