

RTM

Rundfunktechnische Mitteilungen

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

Institut für Rundfunktechnik GmbH **IRT**

Walter Kuhl Planung der variablen Akustik eines Hochschul-Mehrzweckstudios

Klaus-Jürgen Hortenbach Berechnung der Raumwellenfeldstärke und der höchsten übertragbaren Frequenz
Horst Scholz im HF-Bereich mit Hilfe eines programmierbaren Taschenrechners (HP 97)

Klaus Breitzkopf Rechnergestützte Bestimmung der Vertikaldiagramme von UKW-Sendeantennen
Edgar Dägele aus Dipolfeldern

Rainer von Kiparski Arbeitsphysiologische Untersuchungen über die Besteigung von Sendemasten
Walter Massmann

Karl-Heinz Trißl Expertentagung der OIRT zum Thema „Anwendung der Mikroprozessoren
in Rundfunk und Fernsehen“

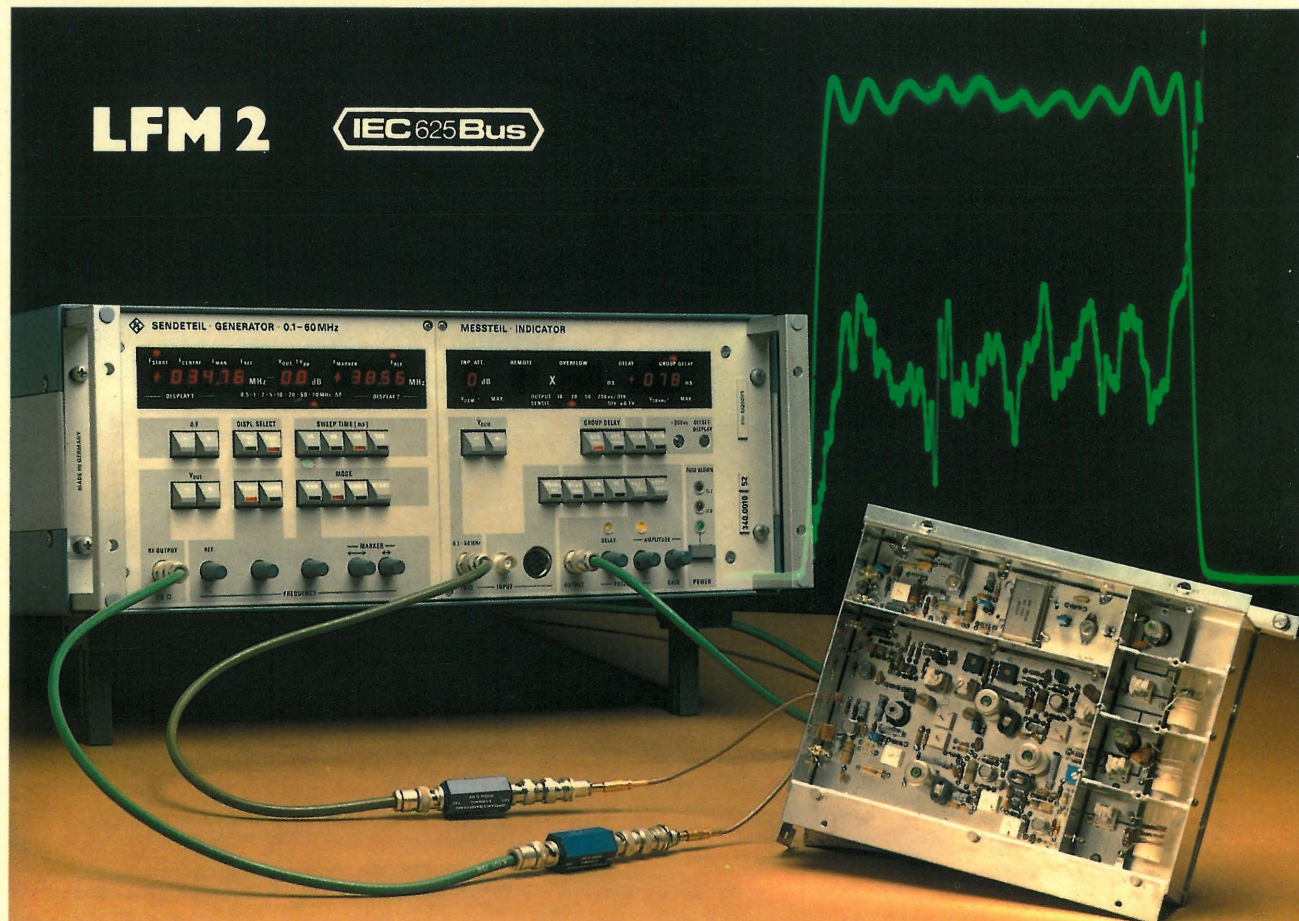
Werner Habermann Bericht über die HDTV-Demonstrationen der Rundfunkorganisationen
NHK und CBS

Hermann Eden Die XV. CCIR-Vollversammlung

Wolfram Tippe NTG-Fachtagung „Antennen 82“

Tagungen und Ausstellungen – Buchbesprechungen – Nachrichten

Gruppenlaufzeit auf 1 ns genau



LFM 2 ermittelt die Gruppenlaufzeit (± 1 bis ± 1000 ns) von aktiven und passiven Vierpolen weitgehend automatisch. Frequenzbereich: 0,1 bis 60 MHz; mit Umsetzer-Meßeinrichtung MUF 2: bis 1000 MHz.

Rohde & Schwarz entwickelte bereits 1960 den Gruppenlaufzeitmeßplatz LFM nach dem Spaltfrequenzverfahren. Das neue Gruppenlaufzeitmeßgerät LFM 2 arbeitet ebenfalls damit.

Die niedrige Spaltfrequenz von 20 kHz ermöglicht eine sehr hohe Meßgenauigkeit und eine sehr gute Auflösung der Laufzeitschwankungen an den Selektionsflanken des Meßobjekts. Außerdem ergibt sich eine untere Frequenzgrenze von 100 kHz, wodurch sich alle wichtigen Messungen im Bereich bis 60 (1000) MHz mit einer Auflösung von ± 1 ns durchführen lassen.

Für Abgleicharbeiten ist das Meßgerät LFM 2 ideal, denn im Wobbelbetrieb sind die Änderungen der Amplituden- und Laufzeitkurven sofort am Bildschirm sichtbar.

Gemessen wird die Gruppenlaufzeitdifferenz zwischen dem Bezugspunkt und einer im Wobbelbereich einstellbaren Markenfrequenz. Das Ergebnis erscheint digital in ns.

Messungen im Videobereich mit Zeilenimpulsen und im TV-Zwischenfrequenzbereich sowie Streckenmessungen sind möglich. Ferner können Absolutlaufzeiten bis $12 \mu\text{s}$ und der Amplitudenfrequenzgang ermittelt werden.

Für den Einsatz in automatischen Meßplätzen sind sämtliche Funktionen des LFM 2 über die Option „IEC-Bus“ fernsteuerbar.

**Verlangen Sie das
Datenblatt LFM 2**

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



ROHDE & SCHWARZ

INHALTSVERZEICHNIS:

Planung der variablen Akustik eines Hochschul-Mehrzweckstudios	45	Expertentagung der OIRT zum Thema „Anwendung der Mikroprozessoren in Rundfunk und Fernsehen“	84
Walter Kuhl		Karl-Heinz Trißl	
Berechnung der Raumwellenfeldstärke und der höchsten übertragbaren Frequenz im HF-Bereich mit Hilfe eines programmierbaren Taschenrechners (HP 97)	52	Bericht über die HDTV-Demonstrationen der Rundfunkorganisationen NHK und CBS	86
Klaus-Jürgen Hortenbach, Horst Scholz		Werner Habermann	
Rechnergestützte Bestimmung der Vertikaldiagramme von UKW-Sendeantennen aus Dipolfeldern	63	Die XV. CCIR-Vollversammlung	88
Klaus Breitskopf, Edgar Dägele		Hermann Eden	
Arbeitsphysiologische Untersuchungen über die Besteigung von Sendemasten	77	NTG-Fachtagung „Antennen 82“	90
Rainer von Kiparski, Walter Massmann		Wolfram Tippe	
		Tagungen und Ausstellungen	91
		Buchbesprechungen	92
		Nachrichten	96

PLANUNG DER VARIABLEN AKUSTIK EINES HOCHSCHUL-MEHRZWECKSTUDIOS

VON WALTER KUHLL¹

Manuskript eingegangen am 7. Januar 1982

Raum- und Bauakustik

Zusammenfassung

Für eine Hochschule für Musik und darstellende Kunst wird ein Mehrzweckstudio geplant, das durch räumliche Variationen und durch starke Variationen der Nachhallzeit für Schauspiel- und Opernaufführungen, Musikaufnahmen und Konzerte sowie für Fernsehaufnahmen optimal sein soll.

Summary Planning the variable acoustics for a multiple-purpose studio in a conservatoire

A multiple-purpose studio is being designed for a college for music and the performing arts. Facilities for varying the dimensions and the reverberation-time will enable this studio to be optimised for drama and opera, as well as for musical recordings, concerts and television productions.

Sommaire Etude d'une acoustique variable pour un studio à fonctions multiples destiné à un conservatoire

Un studio à fonctions multiples est en cours d'étude pour un conservatoire de musique et d'arts d'expression. La possibilité de faire varier les dimensions et le temps de réverbération du local permettra de l'optimiser pour le théâtre et l'opéra, ainsi que pour les enregistrements musicaux, les concerts et les productions de télévision.

1. Einleitung

Als Teil eines Erweiterungsbaus der Hochschule für Musik und darstellende Kunst in Hamburg wird von den Architekten F. Trautwein und K. Spohr ein Mehrzweckstudio geplant. Das Studio soll zu sehr unterschiedlichen Darbietungen wie Schauspielproben und -aufführungen, Vorträgen, Opernaufführungen, Kammermusikproben, -aufnahmen und -konzerten, Orchesterproben und Chorproben, -aufnahmen und -konzerten sowie als Fernsehstudio benutzt werden. Die jeweils akustisch günstigen Bedingungen unterscheiden sich sehr. Am stärksten muß die Nachhallzeit variiert werden von etwa 0,9 s bei Fernsehaufnahmen im fast leeren Studio bis zu 2,0 s bei Kon-

zerten mit Orchester, Chor und Hunderten von Zuhörern. Das ist nur durch eine starke Variation der Schallabsorption möglich. Aber auch die geometrische Akustik muß sehr verändert werden.

Der Bau des Studios wird 1982 begonnen und wird mehrere Jahre dauern. Da eine so starke Variation der Raumnutzung und der akustischen Eigenschaften bisher anderswo offenbar noch nicht realisiert wurde, scheint bereits jetzt ein Bericht über die Planung als Anregung und Hilfe für ähnliche Projekte von Interesse zu sein.

2. Räumliche Variationen
Geometrische Akustik

Bild 1 zeigt den Grundriß von Studio und Bühnenhaus. Der Orchestergraben ist nur bei Opernaufführungen (**Bild 3**) offen, sonst wird er durch hydraul-

¹ Dr.-Ing. Walter Kuhl war Leiter der Arbeitsgruppe für Raum- und Bauakustik und Elektroakustik im Institut für Rundfunktechnik, Hamburg.

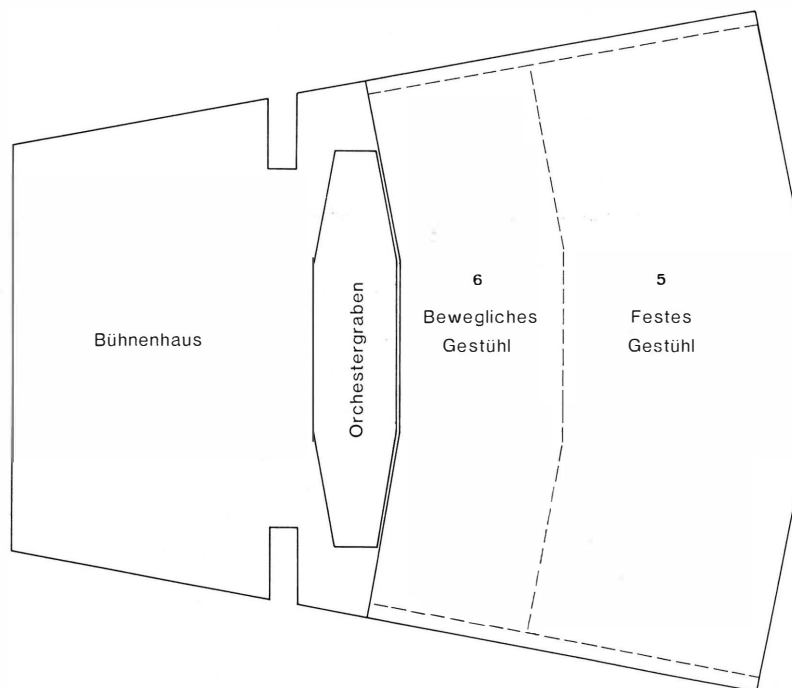


Bild 1
 Grundriß des Mehrzweckstudios

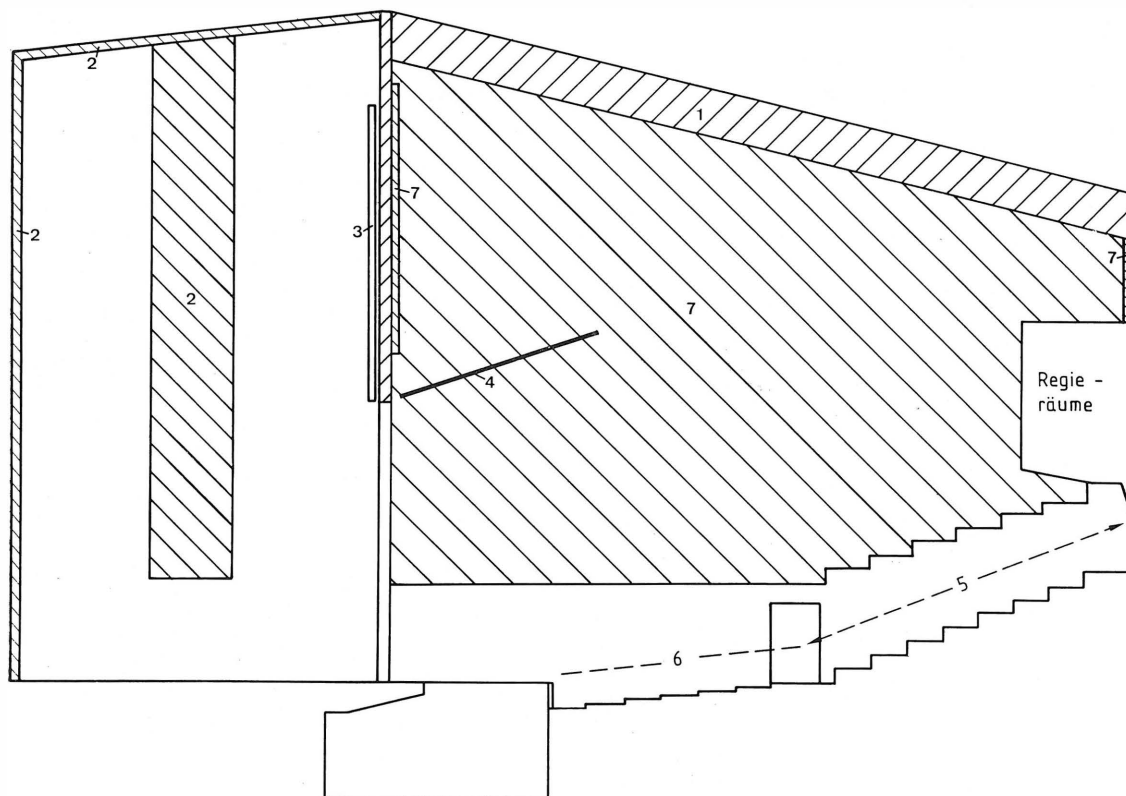


Bild 2

Längsschnitt des Mehrzweckstudios bei Schauspielaufführungen

- | | |
|--|------------------------------------|
| 1 Deckenbinder mit absorbierenden Anordnungen für tiefe Frequenzen | 4 Reflektor |
| 2 absorbierende Anordnungen im Bühnenhaus | 5 300 fest montierte Polsterstühle |
| 3 eiserner Vorhang | 6 176 transportable Polsterstühle |
| | 7 schallabsorbierende Rollos |

lisches Anheben des Bodens geschlossen. Der hintere Teil des Studios hat ein fest montiertes Polstergestühl (5 in den **Bildern 1 bis 6**). In den Reihen davor bis zum Orchestergraben können transportable Polsterstühle aufgestellt werden (6).

Die **Bilder 2 bis 6** sind Längsschnitte durch Studio und Bühnenhaus. Das Studio hat die volle Höhe des Bühnenhauses (17 m), um ein großes Volumen und damit für Konzerte eine große Nachhallzeit zu erzielen. **Bild 2** zeigt den Zustand für Schauspielaufführungen. Der Orchestergraben ist hier durch volles Anheben des Bodens geschlossen, so daß die Schauspieler auch vor dem Vorhang agieren können. Bei geringerer Höhe des Bodens können vorne weitere Stühle aufgestellt werden.

Mit (1) bezeichnet sind streifenförmige Anordnungen zu beiden Seiten mehrerer Deckenbalken zur Absorption bei tiefen Frequenzen, mit (2) absorbierende Anordnungen im Bühnenhaus. Der eiserne Vorhang (3) ist bei dieser Verwendungsart des Studios hochgezogen. Der Reflektor (4) dient in der hier gezeichneten Stellung für Schauspieler und Sänger auf der vorderen Bühne (wie eine niedrige Decke in einem Theater) zur Erhöhung der Lautstärke und der Sprachverständlichkeit. Die 300 befestigten (5) und 176 transportablen Stühle (6) sind aufgestellt. Rollos (7) an den Längs- und Querswänden, die zur variablen Absorption dienen, lassen die Längswände in diesem Fall bis zur Höhe von 2,5 m über dem Boden frei. Von den unteren Wänden kommen also unterstützende Reflexionen zu den Zuhörern.

Regieräume für Ton- und Fernsehaufnahmen machen sich im hinteren Teil der Längsschnitte als Vorsprung bemerkbar. Wenn die Unterseite einen rechten Winkel mit der Studiorückwand bilden würde, hätte das ein störendes Echo in Richtung Bühne zur Folge. Die schräge Rückwand liefert dagegen eine günstige Reflexion in die hinteren Zuhörerreihen.

Die Änderungen bei Opernaufführungen (**Bild 3**) bestehen darin, daß der Boden des Orchestergrabens abgesenkt ist und alle Rollos (7) höhergezogen sind. Dadurch können im Längsschnitt nicht eingezeichnete Beleuchtergänge entlang den Längswänden in Höhe der Unterkante der Regieräume als Winkelspiegel wirken, die den aus seitlichen Richtungen reflektierten Schall verstärken. Das hat eine erhöhte Sprachverständlichkeit und – weniger bei versenktem Orchester als vielmehr bei frei aufgestelltem Orchester und/oder Chor – ein früheres Einsetzen der bei Musik als positiv beurteilten Räumlichkeit [1] zur Folge. Unter Räumlichkeit versteht man die Empfindung der Zuhörer, daß der Raum neben und über dem Orchester vollständig mit Schall gefüllt ist. Der Reflektor (4) hat hier die zusätzliche wichtige Funktion, den vom versenkten Orchester kommenden Schall zu den Zuhörern zu reflektieren.

Bei der Verwendung als Musikstudio oder Konzertsaal (**Bild 4**) kann eine Kammermusikgruppe oder ein Orchester mit bis zu 65 Musikern oder ein Chor auf der Vorderbühne vor dem herabgelassenen eisernen Vorhang als Reflektor Platz finden, wenn auch

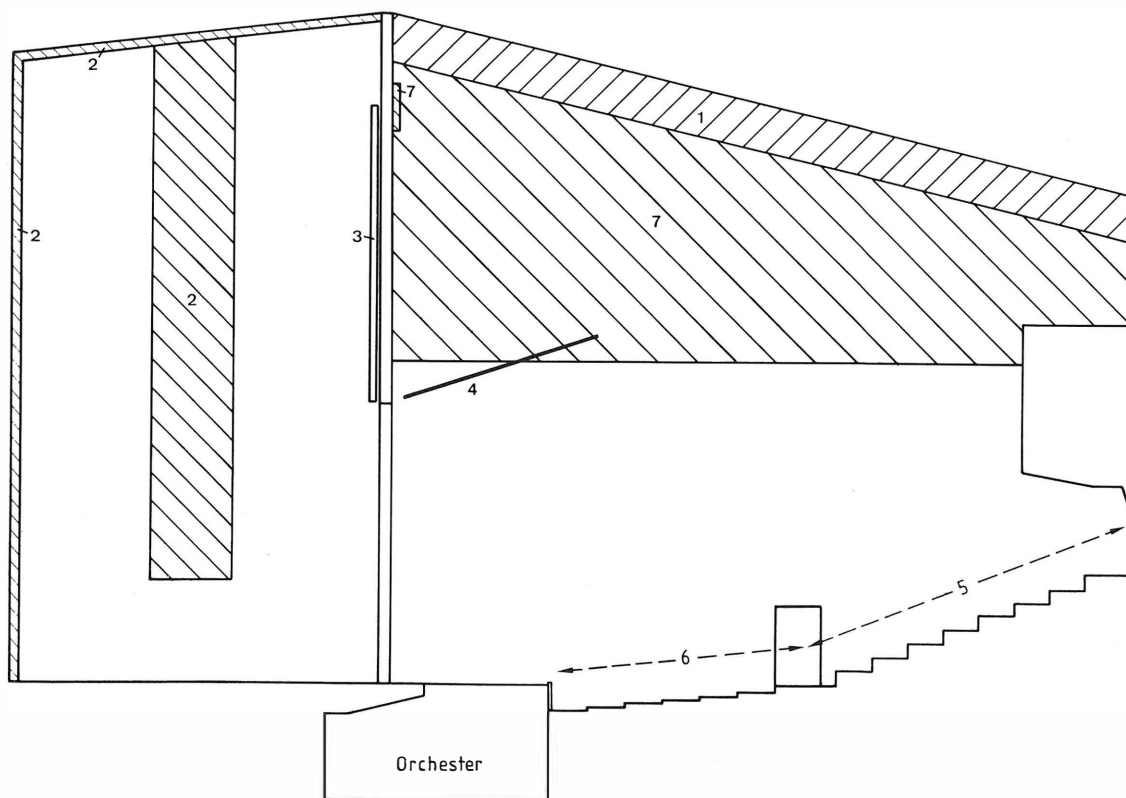
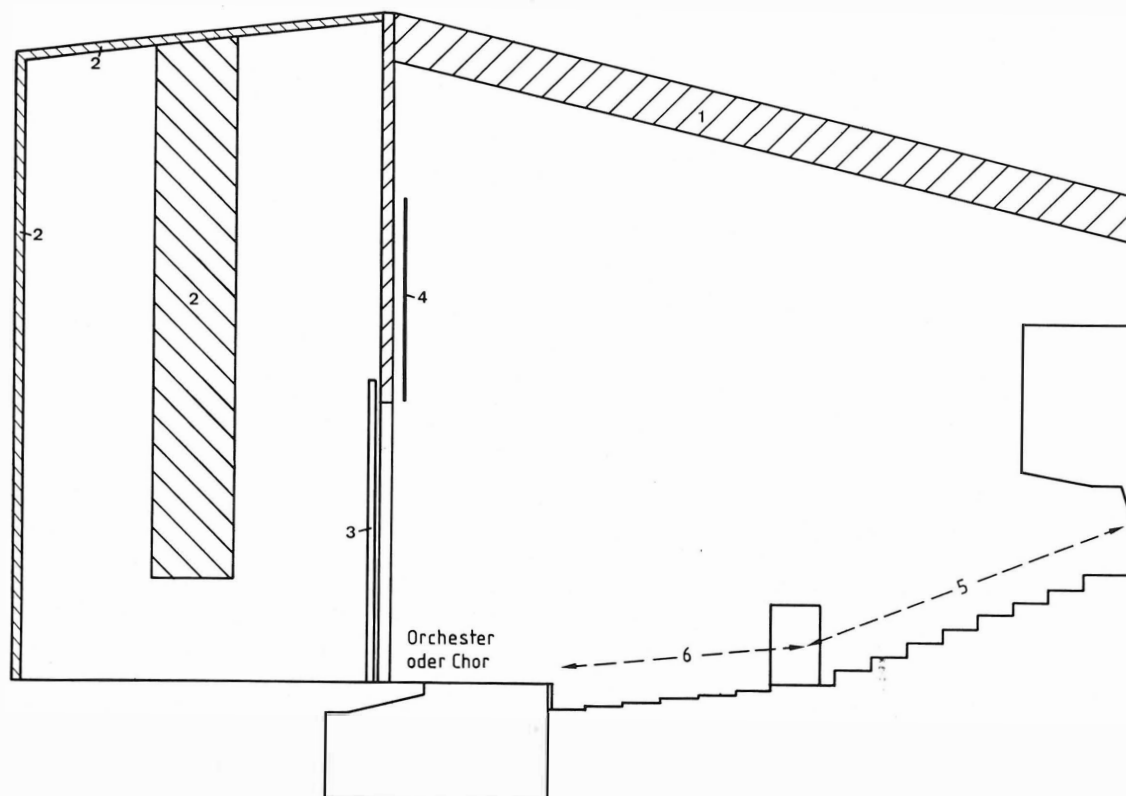
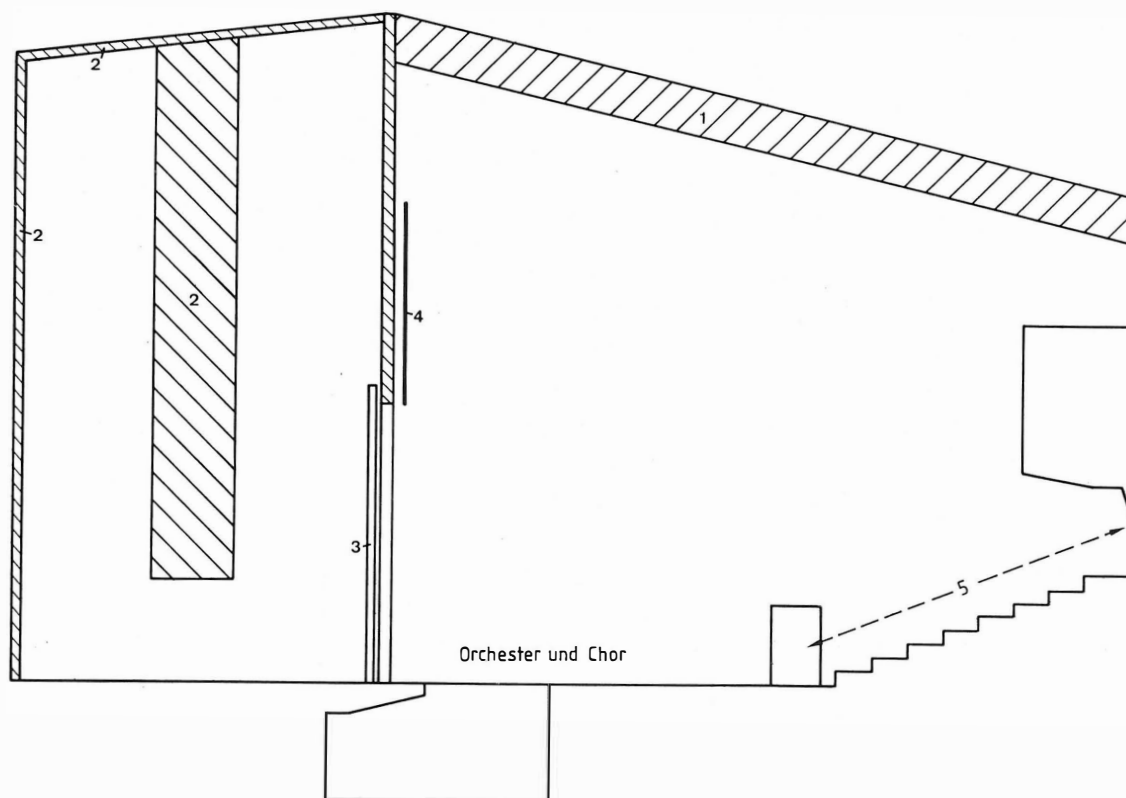


Bild 3
Längsschnitt bei Opernaufführungen
1 bis 7 siehe Bild 2

**Bild 4**

Längsschnitt bei Verwendung als Studio und Konzertsaal für Orchester oder Chor
 1 bis 6 siehe Bild 2

**Bild 5**

Längsschnitt bei Verwendung als Studio und Konzertsaal für Orchester und Chor
 1 bis 5 siehe Bild 2

die geringe Tiefe des Podiums ein Kompromiß in diesem Mehrzweckraum ist. Eine aus nichtparallelen Seitenwänden, einer Rückwand und einer etwas schräg verlaufenden Decke bestehende unbrennbare „Konzertkulisserie“ auf der Bühne würde die Tiefe des Orchesterraumes vergrößern. Aus zwei Gründen wurde aber darauf verzichtet. Einmal steht kein Bühnenpersonal zur Aufstellung zur Verfügung. Zum andern würden von Motoren angetriebene Vorrichtungen zum Abrollen schwerer unporöser Bahnen die Baukosten unzulässig erhöhen.

Alle schallabsorbierenden Rollos sind weitgehend oder vollkommen hochgezogen. Dadurch werden weitere Winkelspiegel wirksam, die durch die oberen Beleuchtungsgänge (in Höhe der Oberkante der Regieräume) und durch die Längswände gebildet werden. Sie verstärken die erwünschte Räumlichkeit. Der Reflektor (4) ist senkrechtgestellt, weil er in der schrägen Lage für Musikdarbietungen nicht günstig ist.

Bild 5 zeigt eine Variante des Musikstudios oder Konzertsaals. Die transportablen Stühle sind entfernt, und der Boden ist auf Bühnenhöhe angehoben, so daß für ein großes Orchester und zusätzlich für einen Chor im waagerechten Teil des Studios genügend Platz ist.

Studio und Bühnenraum können nach entscheidenden Änderungen auch als Fernsehstudio benutzt werden (**Bild 6**). Die Wände im unteren Bereich bis herab zum Boden und die Decke müssen weitgehend absorbierend verkleidet sein, um Halligkeit und

Klangfärbung von Sprache zu vermeiden. An den Längswänden geschieht das durch das Herablassen der Rollos bis zum Boden und im hinteren Teil durch die Polsterung der Stühle. Unter der Decke (zwischen den Balken) hängen bogenförmig sechs Bahnen (9) aus dem für die Rollos verwendeten Glasfaservlies. Bei anderen Nutzungsarten des Studios werden sie in verschließbaren Kästen an der Bühnenwand untergebracht.

Der eiserne Vorhang ist hochgezogen, so daß das Bühnenhaus zum Fernsehstudio gehört. Die Bühnenseitenwände sind 2,5 m hoch mit einer absorbierenden, zickzackförmigen Anordnung des Glasfaservlieses verkleidet. Bei Nichtgebrauch kann diese Verkleidung in Ecken des Bühnenhauses zusammengeschoben werden.

3. Schallabsorbierende Anordnungen

3.1. Variable Absorption

U. Kath [2] hat unbrennbare zweischichtige Rollos entwickelt, die aus dickem Glasfaservlies und farbigem oder schwarzem, unbrennbarem Viskosevlies bestehen. Ihr wichtigstes Merkmal ist die Kassettierung des 0,2 m tiefen Luftraums zwischen Rollo und Wand. Das optimale Raster der Kassetten ist 0,5 m × 0,6 m. Durch die Kassettierung wird die absorbierende Wirkung des porösen Materials um mehr als eine Oktave nach unten ausgedehnt und im Maximum erhöht. Der sehr geringe Absorptionsgrad (0,04 bis 0,1) der aus unporösen lackierten Platten

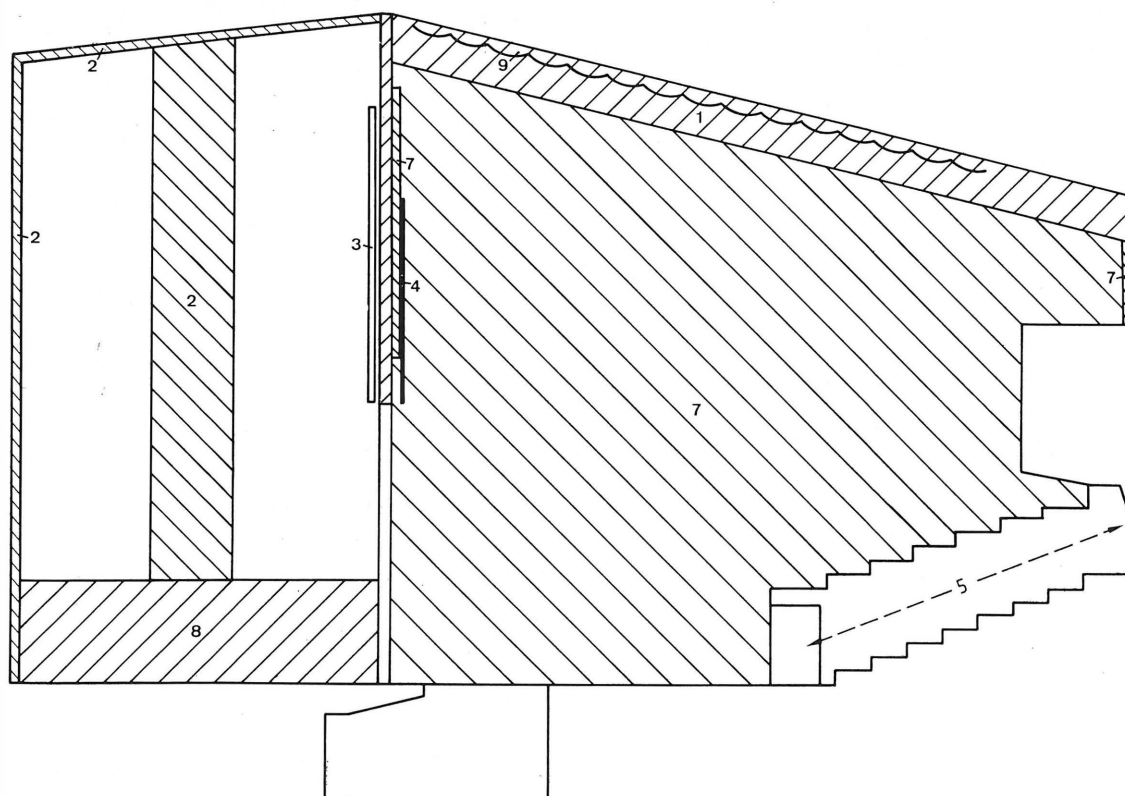


Bild 6

Längsschnitt bei Verwendung als Fernsehstudio

1 bis 5 siehe Bild 2

8 variable Absorber im Bühnenhaus

9 variable Absorber an der Studiodecke

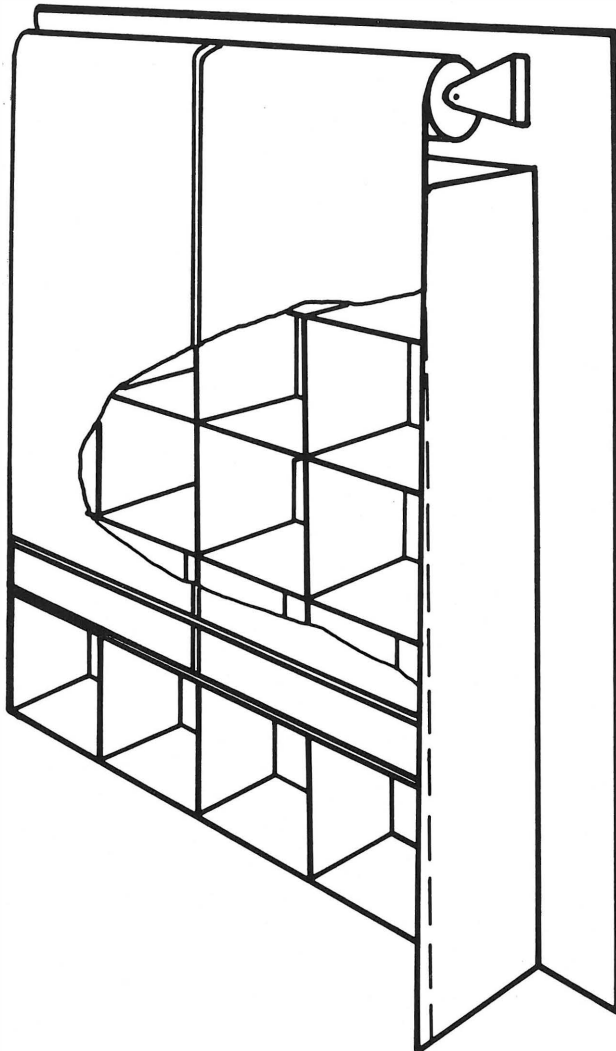


Bild 7

Variabler Absorber mit zweischichtigem Rollo

(z. B. aus Gipskarton) bestehenden Kassetten (Bild 7) wird beim Herablassen der Rollos um die aus Bild 8 ersichtlichen Werte erhöht. Der Absorptionsgrad ist für eine unendlich große Fläche angegeben. Dieser variable Absorber hat sich in drei deutschen Hör-

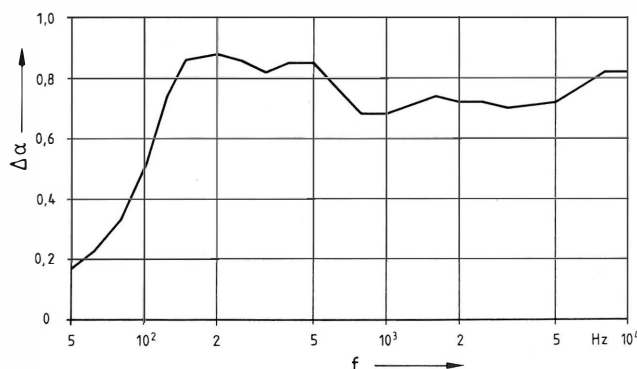


Bild 8

Erhöhung des Absorptionsgrades durch das Rollo
($S = \infty$)

spielstudios, in denen auch Aufnahmen kleiner Instrumentalgruppen gemacht werden, sehr bewährt [2]. Die Nachhallzeit läßt sich dort innerhalb von 30 s durch die motorgetriebenen, vom Regietisch aus gesteuerten Rollos von 0,55 s bis 1,25 s verändern. Es ist eindrucksvoll, zu erleben, wie sich in dieser Zeit (in der z. B. ein Sprecher dauernd spricht) nicht nur die Nachhallzeit, sondern auch die Halligkeit und der übrige Raumeindruck ändert.

Diese Rollos sollen im Hochschul-Mehrzweckstudio verwendet werden. An beiden Längswänden werden in zwei Etagen je 16 Rollos von 1 m Breite, insgesamt also 64 Rollos angeordnet [(7) in den Bildern 2, 3 und 6]. Jede Walze wird von einem eigenen Motor angetrieben. Die aufgewickelten Bahnen befinden sich in einem bis auf einen schmalen Schlitz geschlossenen Kasten. Die Rollos an den Längswänden haben im Fall des Fernsehstudios (Bild 6) eine Gesamtfläche von 445 m². Über der Bühnenöffnung und an der Rückwand des Studios sind weitere Rollos mit einer Fläche von insgesamt 120 m² geplant. In den erwähnten Hörspielstudios sind alle Rollos unsichtbar hinter Lochblechen angebracht. Im Mehrzweckstudio sind diese Bleche nur im unteren Bereich als Berührungsschutz vorgesehen.

3.2. Andere absorbierende Anordnungen im Studio

Die Schallabsorption der Polsterstühle ohne und mit Personen wurde, etwas reduziert wegen der geringeren Polsterdicke, [3] entnommen, die Absorption von Musikern und Instrumenten der Veröffentlichung [4]. Zur zusätzlichen Absorption bei tiefen Frequenzen dienen zehn bereits erwähnte, 0,3 m dicke Kästen [(1) in den Bildern 2 bis 6], die beiderseits der Deckenbalken angebracht und mit Mineralfaserplatten gefüllt werden. Eine äußere, weiche Metallfolie läßt den Absorptionsgrad zu mittleren und hohen Frequenzen hin abfallen.

3.3. Absorbierende Anordnungen im Bühnenhaus

Das Bühnenhaus wird bei Schauspiel- und Opernaufführungen, außerdem getrennt vom Studio als Probenraum und als Teil des Fernsehstudios benutzt. Im ersten Fall sind im unteren Bereich reflektierende Wände erwünscht, damit Sprecher und Sänger sich selbst besser hören können. Außerdem werden durch die Reflexionen an den Seitenwänden die Lautstärke und die Sprachverständlichkeit für die Zuhörer verbessert. Die Seitenwände sind daher in diesem Fall bis zu 2,5 m über dem Boden frei von absorbierendem Material (Bilder 2 bis 5).

Die Schalldämmung des doppelschaligen eisernen Vorhangs und seine Abdichtung ringsum ermöglichen eine mittlere Pegeldifferenz von etwa 55 dB, so daß im Studio und auf der Bühne Proben ohne gegenseitige Störung möglich sein werden. Bei geschlossenem Vorhang ist für das Bühnenhaus eine Nachhallzeit geplant, die zwischen den Werten für Schauspiel und Oper im Studio liegt, nämlich 1,3 s. Dazu werden im Bühnenhaus Mineralfaserplatten oder -matten (2) angebracht, welche die Wände teilweise und die Decke fast ganz bedecken. Die bereits erwähnte zickzackförmige Verkleidung der unteren Seitenwände bei der Verwendung als Fernsehstudio [(8) in Bild 6] senkt die Nachhallzeit der Bühne um 0,1 s.

östliche Längen werden positiv, südliche Breiten und westliche Längen negativ gezählt. Mit der Winkelentfernung δ und dem Erdradius $r_E = 6370$ km erhält man die Großkreisentfernung längs der Erdoberfläche

$$D = \delta \cdot r_E \quad (2)$$

2.1.2. Azimutwinkel

Der Azimutwinkel α (r.w.N.), unter dem der Empfangsort am Senderort erscheint, ist gegeben durch

$$\cos \alpha'' = \frac{\sin \beta_r - \sin \beta_t \cdot \cos \delta}{\cos \beta_t \cdot \sin \delta} \quad (3)$$

mit

$$\begin{aligned} \alpha' &= 360^\circ - \alpha'' \quad \text{für } \lambda_t - \lambda_r > 0 \\ \alpha' &= \alpha'' \quad \text{für } \lambda_t - \lambda_r \leq 0 \end{aligned} \quad (4)$$

und

$$\begin{aligned} \alpha &= 360^\circ - \alpha' \quad \text{für } |\lambda_t - \lambda_r| \geq 180^\circ \\ \alpha &= \alpha' \quad \text{für } |\lambda_t - \lambda_r| < 180^\circ \end{aligned} \quad (5)$$

2.1.3. Wahl des langen Großkreisweges

Die Gleichungen (1) bis (5) gelten für den kurzen Großkreisweg. Für den langen Großkreisweg erhält man für die Winkelentfernung δ_1 und den Azimutwinkel α_1

$$\delta_1 = 360^\circ - \delta \quad (6)$$

und

$$\begin{aligned} \alpha_1 &= \alpha - 180^\circ \quad \text{für } \alpha > 180^\circ \\ \alpha_1 &= \alpha + 180^\circ \quad \text{für } \alpha \leq 180^\circ \end{aligned} \quad (7)$$

2.1.4. Mindestsprungzahl

Die Mindestsprungzahl ergibt sich aus der ionosphärischen Reflexionshöhe bei zur Erdoberfläche tangentialer Abstrahlung. Da jedoch die meisten Antennen schlechte Strahlungseigenschaften in horizontaler Richtung aufweisen und außerdem oft Bebauung und Bepflanzung des Antennenvorgeländes eine horizontale Abstrahlung behindern, wird der kleinstmögliche Erhebungswinkel auf 4° begrenzt.

Für die Mindestsprungzahl folgt

$$N = 1 + \text{int}(\delta / \delta_{\max}) \quad (8)$$

wobei $\text{int}(x)$ den ganzzahligen Teil von x bedeutet. Die Größe $\delta_{\max}$ ist die größtmögliche, mit einem Sprung überbrückbare Entfernung und durch

$$\delta_{\max} = 2 \left[\arccos \left(\frac{r_E}{r_E + h'} \cos \vartheta_{\min} \right) - \vartheta_{\min} \right] \quad (9)$$

gegeben (**Bild 1**). Darin sind $\vartheta_{\min} = 4^\circ$ der vorgegebene kleinstmögliche Erhebungswinkel und h' die virtuelle ionosphärische Reflexionshöhe. Obwohl h' von vielen Faktoren abhängig ist und Schwankungen unterliegt, wird sie hier als konstant angenommen. Es wird gesetzt

$$\begin{aligned} \delta_{\max} &= 28^\circ \quad \text{für F2-Schicht-Reflexion,} \\ \delta_{\max} &= 15^\circ \quad \text{für E-Schicht-Reflexion.} \end{aligned}$$

Mit (1) bzw. (6) und (8) erhält man die Sprungentfernung als Winkel- bzw. Großkreisentfernung

$$\delta_H = \delta / N \quad \text{bzw.} \quad d_H = D / N \quad (10)$$

Sollen höhere Ausbreitungsmoden berechnet werden, kann die nach (8) ermittelte Mindestsprungzahl vom Benutzer auf höchstens 10 erhöht werden.

2.1.5. Geographische Koordinaten der Reflexionspunkte

Die Koordinaten β_i, λ_i der ionosphärischen und terrestrischen Reflexionspunkte erhält man mit Hilfe des Azimutwinkels nach (5) und der Winkelentfernung δ_i vom Senderort:

$$\sin \beta_i = \cos \delta_i \cdot \sin \beta_t + \sin \delta_i \cdot \cos \beta_t \cdot \cos \alpha \quad (11)$$

$$\cos \Delta \lambda_i = \frac{\cos \delta_i - \sin \beta_i \cdot \sin \beta_t}{\cos \beta_i \cdot \cos \beta_t} \quad (12)$$

mit

$$\begin{aligned} \lambda_i &= \lambda_t - \Delta \lambda_i \quad \text{für } \alpha > 180^\circ \text{ und } \delta_i < 180^\circ \\ \text{oder} \quad \lambda_i &= \lambda_t + \Delta \lambda_i \quad \text{für } \alpha < 180^\circ \text{ und } \delta_i > 180^\circ \end{aligned} \quad (13)$$

und $\lambda_i = \lambda_t + \Delta \lambda_i$

für alle anderen Fälle.

Die Winkelentfernungen sind gegeben durch

$$\delta_i = (i - 1/2) \delta_H; \quad i = 1, 2, 3, \dots, N \quad (14)$$

für ionosphärische Reflexionspunkte und

$$\delta_i = i \cdot \delta_H; \quad i = 1, 2, 3, \dots, N-1 \quad (15)$$

für Bodenreflexionspunkte.

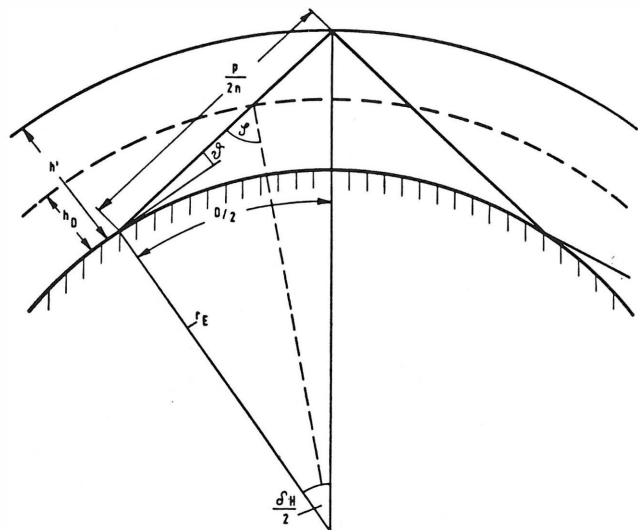


Bild 1

Streckengeometrie

2.1.6. Schrägentfernung

Die Schrägentfernung zwischen Sender- und Empfangsort ergibt sich nach **Bild 1** zu

$$p = 2N \sqrt{2r_E(r_E + h') \left(1 - \cos \frac{\delta_H}{2} \right) + h'^2} \quad (16)$$

Darin wird

$$\begin{aligned} h' &= 320 \text{ km für F2-Schicht-Reflexionen,} \\ h' &= 115 \text{ km für E-Schicht-Reflexionen} \end{aligned}$$

gesetzt.

2.1.7. Elevationswinkel

Nach **Bild 1** erhält man für den Elevationswinkel

$$\vartheta = \arccos \left(2N \frac{r_E + h'}{p} \sin \frac{\delta_H}{2} \right) \quad (17)$$

2.1.8. Einfallswinkel an der D-Schicht

Der Einfallswinkel der Welle an der unteren Grenze der ionosphärischen D-Schicht ist maßgebend

für die innerhalb der Schicht zurückgelegte Wegstrecke und damit für die Absorptionsverluste. Nach Bild 1 ist

$$\varphi = \arcsin \left(\frac{r_E}{r_E + h_D} \cos \vartheta \right) . \quad (18)$$

Die untere Grenze der D-Schicht (h_D) wird zu 85 km angenommen. Für diesen Fall vereinfacht sich (18) zu

$$\varphi = \arcsin \left(\frac{\cos \vartheta}{1,013} \right) . \quad (19)$$

2.2. Berechnung der höchsten übertragbaren Frequenz (MUF)

Die höchste übertragbare Frequenz wird entweder mit Karte Nr. 2 für Reflexionen an der F2-Schicht oder mit Karte Nr. 3 für Reflexionen an der E-Schicht berechnet. Es wird ein in [1] beschriebenes Verfahren benutzt, das auf den Ausbreitungsparametern MUF(ZERO)F2, MUF(4000)F2 und MUF(2000)E beruht. Diese Größen bedeuten die höchsten von der F2-Schicht übertragbaren Frequenzen für die Entfernungen Null und 4000 km und die höchste von der E-Schicht übertragbare Frequenz für die Entfernung 2000 km. Sie stehen in Form von geographischen Konturenkarten für alle geradzahigen Stunden, alle Monate und drei verschiedene Sonnenfleckenzahlen (10, 110, 160) zur Verfügung [1]. Diese Größen müssen für die vom Programm ermittelten Reflexionspunkte aus einem Weltatlas abgelesen und eingegeben werden. Interpolationen für beliebige Zwischenwerte von Sprungentfernung und Sonnenfleckenzahl werden vom Programm durchgeführt.

2.2.1. Interpolation für beliebige Sonnenfleckenzahlen

Werte von MUF(ZERO)F2, MUF(4000)F2 und MUF(2000)E stehen für die Sonnenfleckenzahlen $R_{12} = 10, 110$ und 160 zur Verfügung. Für beliebige Zwischenwerte von R_{12} erhält man durch lineare Interpolation

$$\begin{aligned} \text{MUF}(R_{12}) &= \text{MUF}_{10} + 0,01 (\text{MUF}_{110} - \text{MUF}_{10}) (R_{12} - 10) \\ &\quad \text{für } 10 \leq R_{12} \leq 110 , \\ \text{MUF}(R_{12}) &= \text{MUF}_{110} + 0,02 (\text{MUF}_{160} - \text{MUF}_{110}) (R_{12} - 110) \\ &\quad \text{für } 110 \leq R_{12} \leq 160 . \end{aligned} \quad (20)$$

2.2.2. Interpolation für beliebige Sprungentfernungen

Die Interpolationsformel für F2-Schicht-Reflexionen lautet

$$\begin{aligned} \text{MUF}(d_H) \text{ F2} &= \frac{\text{MUF}(4000)\text{F2} - \text{MUF}(\text{ZERO})\text{F2}}{4000} A + \\ &\quad + \text{MUF}(\text{ZERO})\text{F2} \end{aligned} \quad (21)$$

mit

$$A = a_0 + a_1 \left(\frac{d_H}{1000} \right) + a_2 \left(\frac{d_H}{1000} \right)^2 + a_3 \left(\frac{d_H}{1000} \right)^3 \quad (22)$$

und

$$\begin{aligned} a_0 &= 0,00459 \\ a_1 &= 0,0202 \\ a_2 &= 0,533 \\ a_3 &= 0,122 \\ a_0 &= -1,1 \\ a_1 &= 2,05 \\ a_2 &= -0,15 \\ a_3 &= -0,01 \end{aligned} \quad \begin{aligned} & \\ & \text{für } d_H \leq 1400 \text{ km,} \\ & \\ & \text{für } d_H > 1400 \text{ km.} \end{aligned}$$

Für E-Schicht-Reflexionen lautet die Formel

$$\lg [\text{MUF}(d_H)] = \lg \left[\frac{\text{MUF}(2000)\text{E}}{4,8} \right] + 0,07576 A , \quad (23)$$

wobei A durch (22) gegeben ist. Für die Koeffizienten gilt

$$\begin{aligned} a_0 &= 0 \\ a_1 &= -1,432 \\ a_2 &= 46,56 \\ a_3 &= -64,28 \end{aligned} \quad \begin{aligned} & \\ & \text{für } d_H \leq 250 \text{ km,} \\ & \\ & \text{für } d_H > 250 \text{ km.} \end{aligned}$$

Nach dem beschriebenen Verfahren werden die höchsten übertragbaren Frequenzen an den ionosphärischen Reflexionspunkten berechnet und der niedrigste der ermittelten Werte als Medianwert der Strecken-MUF ausgegeben. Erfahrungsgemäß ist es nicht erforderlich, dazu sämtliche Reflexionspunkte zu betrachten; es genügen im allgemeinen die den Streckenendpunkten nächstgelegenen Reflexionspunkte und der Streckenmittelpunkt.

2.2.3. Übertragungswahrscheinlichkeit

Die Wahrscheinlichkeit, daß ein ionosphärischer Ausbreitungsweg mit der nach (8) berechneten oder eingegebenen Sprungzahl existiert, wird nach der in [4] angegebenen Verteilung berechnet:

$$Q = 1,3 - \frac{0,8}{1 + \frac{1 - f/f_m}{1 - F_1}} \quad \text{für } f \leq f_m , \quad (24)$$

$$Q = \frac{0,8}{1 + \frac{f/f_m - 1}{F_u - 1}} - 0,3 \quad \text{für } f > f_m , \quad (25)$$

wobei Q auf den Wertebereich $0 \leq Q \leq 1$ begrenzt wird.

In (24) und (25) ist f_m der nach 2.2.1. und 2.2.2. ermittelte Medianwert der Strecken-MUF und f die Betriebsfrequenz. Der Parameter F_u bzw. F_1 ist das Verhältnis des oberen bzw. unteren Dezilenwertes zum Medianwert. Für E-Schicht-Reflexionen werden konstante Werte $F_u = 1,1$ und $F_1 = 0,9$ für alle Zeiten und Orte angenommen. Für F2-Schicht-Reflexionen sind die Werte von Sonnenfleckenzahl, geographischer Breite, Jahres- und Tageszeit abhängig und in Tabelle 1 in [4] angegeben.

2.3. Gewinn- und Verlustterme

Mit Karte Nr. 4 werden die Freiraumdämpfung und die ionosphärische Absorption für jeden einzelnen Reflexionspunkt, mit Karte Nr. 5 die Bodenreflexionsverluste und der Gewinn einer Vorhangantenne berechnet. Die einzelnen Gewinn- und Verlustterme werden aufsummiert und damit die Empfangsfeldstärke ermittelt.

2.3.1. Freiraumdämpfung

Die Freiraumdämpfung wird nach

$$L_f = 20 \lg(p) \text{ dB} \quad (26)$$

berechnet, wobei p nach (16) die Schrägentfernung zwischen Sender- und Empfangsort ist.

2.3.2. Ionosphärische Absorption

Die ionosphärische Absorption am i-ten Reflexionspunkt wird mit Hilfe der Absorptionsformel nach CCIR [3] berechnet:

$$L_i = \frac{677,2 (1 + 0,0037 R_{12}) (\cos 0,881 \cdot \psi_i)^{1,3} \cdot \sec \varphi}{(f + f_h)^{1,98} + 10,2} \text{ dB} \quad (27)$$

Darin bedeutet

L_i = Absorptionsverlust am i-ten Reflexionspunkt,

R_{12} = zwölfmonatiger gleitender Mittelwert der Sonnenfleckenzahl,

ψ_i = Zenitwinkel der Sonne am i-ten Reflexionspunkt,

φ = Einfallswinkel an der D-Schicht (siehe Gl. 19),

f_h = Gyrofrequenz (im Programm $f_h = 1,4$ MHz),

f = Betriebsfrequenz in MHz.

Die Verluste an den einzelnen Reflexionspunkten werden zum gesamten Absorptionsverlust aufaddiert:

$$L_a = \sum_{i=1}^N L_i, \quad (28)$$

wobei N die Zahl der Sprünge ist.

2.3.2.1. Solarer Zenitwinkel

Der Zenitwinkel der Sonne am jeweiligen Reflexionspunkt wird berechnet nach der Gleichung

$$\cos \psi_i = \sin \beta_i \cdot \sin \beta_s + \cos \beta_i \cdot \cos \beta_s \cdot \cos (\lambda_s + \lambda_i) \quad (29)$$

Darin sind β_i und λ_i die geographische Breite und Länge des Reflexionspunktes und β_s und λ_s die subsolare Breite und Länge.

Die mittlere subsolare Breite innerhalb eines Monats kann näherungsweise durch

$$\beta_s = 23,5 \cos [30 (M - 6)] \text{ Grad} \quad (30)$$

beschrieben werden, wobei M die laufende Nummer des Monats ist.

Die subsolare Länge beträgt

$$\lambda_s = (180 - 15 t) \text{ Grad}, \quad (31)$$

wobei t die koordinierte Weltzeit (UTC) ist.

2.3.2.2. Ionosphärische Verluste während der Nacht

Für nicht-sonnenbeschienene Reflexionspunkte werden die ionosphärischen Verluste zu 1 dB pro Sprung angenommen.

$$L_a = 1 \text{ dB für } 0,881 \psi \geq 90^\circ \quad (32)$$

2.3.3. Bodenreflexionsverluste

Mit Karte Nr. 5 werden die Bodenreflexionsverluste berechnet, wobei beliebige Kombinationen von Land- und Seereflexionen berücksichtigt werden können. Die Entscheidung zwischen See und Land kann mit Hilfe einer Weltkarte und der ausgedruckten Koordinaten der Bodenreflexionspunkte erfolgen. Der Gesamtverlust setzt sich aus den Einzelverlusten wie folgt zusammen:

$$L_g = \sum_{i=1}^N 10 \lg \left[\frac{1}{2} (|\underline{R}_{H,i}|^2 + |\underline{R}_{V,i}|^2) \right] \text{ dB}; i = 1, 2, 3, \dots, N-1, \quad (33)$$

worin

$$\underline{R}_{H,i} = \frac{\sin \vartheta - \underline{K}}{\sin \vartheta + \underline{K}} \quad (34)$$

und

$$\underline{R}_{V,i} = \frac{\underline{n}^2 \sin \vartheta - \underline{K}}{\underline{n}^2 \sin \vartheta + \underline{K}} \quad (35)$$

die komplexen Fresnelschen Reflexionskoeffizienten für horizontale und vertikale Polarisation am i-ten Reflexionspunkt sind.

Ferner ist

$$\underline{K} = \sqrt{\underline{n}^2 - \cos^2 \vartheta} \quad (36)$$

und $\underline{n}$ der komplexe Brechungsindex,

$$\underline{n}^2 = \epsilon_r - j \epsilon_i \quad (37)$$

Darin sind ϵ_r die Dielektrizitätskonstante und

$$\epsilon_i = 18000 \frac{\sigma}{f} \quad (38)$$

mit der Bodenleitfähigkeit σ in $(\Omega m)^{-1}$ und der Betriebsfrequenz f in MHz.

Für die Bodenkonstanten wird gesetzt

$$\begin{aligned} \epsilon_r &= 4 \\ \sigma &= 0,001 (\Omega m)^{-1} \quad \text{für Land} \end{aligned}$$

und

$$\begin{aligned} \epsilon_r &= 80 \\ \sigma &= 5 (\Omega m)^{-1} \quad \text{für See.} \end{aligned}$$

2.3.4. Zusätzliche Verluste

Ein weiterer Term erlaubt die Berücksichtigung empirisch gefundener Verluste, die sich den bisher erwähnten Mechanismen nicht zuordnen lassen. Unter Berücksichtigung der Tabellen 2 und 3 in [3] wurde ein konstanter Wert

$$L_x = 9 \text{ dB} \quad (39)$$

angenommen.

2.3.5. Antennengewinn

Ebenfalls mit Karte Nr. 5 kann der Gewinn einer Vorhangantenne vom Typ HR 4/4/0,75 berechnet werden:

$$G = (-2,74 + 20 \lg [C(\Delta\alpha, \vartheta)]) \text{ dB} \quad (40)$$

mit

$$C(\Delta\alpha, \vartheta) = \left| \frac{\cos \left(\frac{\pi}{2} \sin \Delta\alpha \cdot \cos \vartheta \right) \sin (2 \sin \Delta\alpha \cdot \cos \vartheta)}{\sqrt{1 - \sin^2 \Delta\alpha \cdot \cos^2 \vartheta}} \cdot \frac{\sin \left(\frac{\pi}{2} \sin \Delta\alpha \cdot \cos \vartheta \right)}{\sin (2 \pi \sin \vartheta)} \right| \cdot \cos \left[\frac{\pi}{4} \left(1 - \cos \Delta\alpha \cdot \cos \vartheta \right) \right] \cdot \sin \left(\frac{3}{2} \pi \sin \vartheta \right) \quad (41)$$

Darin ist $\Delta\alpha$ die relative Abstrahlrichtung (off-azimuth), d. h. die Differenz zwischen dem Azimutwin-

kel nach (8) und der Hauptstrahlrichtung der Antenne. Mit dem Normierungsfaktor $-2,74$ dB ergibt sich für die Hauptstrahlrichtung ein Gewinn von 20 dB, bezogen auf einen $\lambda/2$ -Dipol im freien Raum.

2.4. Empfangsfeldstärke

Nach Aufsummierung aller Gewinn- und Verlustterme erhält man als Empfangsfeldstärke für eine Senderleistung von 1 kW:

$$E = [106,9 - (L_f + L_a + L_g + L_x) + G] \text{ dB } (\mu\text{V/m}) \quad (42)$$

Wird für G kein Antennengewinn (z. B. nach Gl. 40) eingesetzt, so gilt (42) für einen $\lambda/2$ -Dipol im freien Raum als Sendeantenne.

3. Anweisungen zur Benutzung des Programms

3.1. Berechnung der Streckenparameter

Anweisung	Taste	Ausgabe
1. Programmkarte Nr. 1 einlesen		
2. Programm starten	A	
3. Eingabe der Koordinaten von Sender und Empfangsort in Dezimalgrad. Ost und Nord zählen positiv, West und Süd negativ.		
– Breite des Empfangsortes	B	
– Länge des Empfangsortes	B	
– Breite des Senderortes	B	
– Länge des Senderortes	B	
4. Für Berechnung von F-Moden nach 5. gehen, für E-Moden	E	
5. Für kurzen Großkreis	C	
für langen Großkreis	D	– Entfernung – Azimut – Mindestsprungzahl (Display)
6. Soll Sprungzahl erhöht werden, neue Zahl (höchstens 10) eingeben	$x \geq y$ V	
7. Berechnung der Koordinaten aller ionosphärischen und terrestrischen Reflexionspunkte $i = 1$ bis N	R/S	Für $i = 1, 2, \dots, N$: – Breite des i-ten ionosphärischen Reflexionspunktes – Länge des i-ten ionosphärischen Reflexionspunktes – Breite des i-ten Bodenreflexionspunktes

– Länge des i-ten Bodenreflexionspunktes

8. Sollen als nächstes die MUF-Berechnungen durchgeführt werden, Taste Write Data drücken und unbeschriebene, ungeschützte Magnetkarte zur Zwischenspeicherung der Daten einführen. Andernfalls nach Abschnitt 3.4., Schritt 2 gehen.

9. Für neue Rechnung mit gleichen Koordinaten: A Nach 4. gehen.

3.2. Berechnung der F2-MUF und der Ausbreitungswahrscheinlichkeit

(Zur Berechnung der E-MUF nach Abschnitt 3.3. gehen)

Anweisung	Taste	Ausgabe
1. Programmkarte Nr. 2 einlesen		
2. Programm starten	A	
3. Sonnenfleckenzahl R_{12} eingeben	B	
4. MUF(4000)F2- und MUF(ZERO)F2-Werte für gewünschte Stunde und Monat von ionosphärischen Weltkarten ablesen. Für $10 \leq R_{12} \leq 110$ Werte für $R_{12} = 110$ und 10, für $110 \leq R_{12} \leq 160$ Werte für $R_{12} = 160$ und 110 ablesen.		
5. Für den ersten Reflexionspunkt eingeben:		
MUF(4000)F2 für $R_{12} = 110$ bzw. 160	ENTER	
MUF(ZERO) F2 für $R_{12} = 110$ bzw. 160	ENTER	
MUF(4000)F2 für $R_{12} = 10$ bzw. 110	ENTER	
MUF(ZERO) F2 für $R_{12} = 10$ bzw. 110	R/S	F2-MUF am 1. Reflexionspunkt
6. Schritt 5 für den nächsten Reflexionspunkt wiederholen		F2-MUF am i-ten Reflexionspunkt
7. Nach dem letzten Reflexionspunkt – 1 eingeben	R/S	Strecken-F2-MUF
8. Wenn Ausbreitungswahrscheinlichkeit gewünscht, Betriebsfrequenz in MHz eingeben	C	

Werte für F_1 und F_u aus
Tabelle 1 in [4] ablesen.
Liegt Betriebsfrequenz
unter der MUF, F_1 ,
andernfalls F_u eingeben.

R/S Ausbreitungswahrscheinlichkeit

3.3. Berechnung der E-MUF und der Ausbreitungswahrscheinlichkeit

Anweisung	Taste	Ausgabe
1. Programmkarte Nr. 3 einlesen		
2. Programm starten	A	
3. Sonnenfleckenzahl R_{12} eingeben	B	
4. MUF(2000)E-Wert für gewünschte Stunde und Monat von ionosphärischen Weltkarten [2] ablesen. Für $10 \leq R_{12} \leq 110$ Werte für $R_{12} = 110$ und 10, für $110 \leq R_{12} \leq 160$ Werte für $R_{12} = 160$ und 110 ablesen.		
5. Für den ersten Reflexionspunkt eingeben: MUF(2000)E für $R_{12} = 110$ bzw. 160 MUF(2000)E für $R_{12} = 10$ bzw. 110	ENTER R/S	E-MUF am 1. Reflexionspunkt
6. Schritt 5 für den nächsten Reflexionspunkt wiederholen		E-MUF am i-ten Reflexionspunkt
7. Nach dem letzten Reflexionspunkt - 1 eingeben	R/S	Strecken-E-MUF
8. Wenn Ausbreitungswahrscheinlichkeit gewünscht, Betriebsfrequenz in MHz eingeben	C	Ausbreitungswahrscheinlichkeit

3.4. Berechnung von Absorptionsverlust, Freiraumdämpfung und Feldstärke

Anweisung	Taste	Ausgabe
1. Datenkarte (falls benutzt) einlesen		
2. Programmkarte Nr. 4 einlesen		
3. Programm starten	A	- Breite des Empfangsortes - Länge des Empfangsortes - Breite des Senderortes

- Länge des Senderortes

4. Für E-Schicht-Reflexion **E**
5. Sonnenfleckenzahl eingeben **B**
6. Laufende Nr. des Monats eingeben **B**
7. UTC-Zeit eingeben **B**
8. Betriebsfrequenz in MHz eingeben **B**
9. Rechnen **C**

- Elevationswinkel
- Ionosphärische Absorptionsverluste am i-ten Reflexionspunkt
- Gesamte Absorptionsverluste
- Freiraumdämpfung
- Feldstärke²

3.5. Berechnung von Bodenreflexionsverlust, Antennengewinn und Feldstärke

Anweisung	Taste	Ausgabe
1. Programmkarte Nr. 5 einlesen		
2. Programm starten	A	
3. Wird nur der Antennengewinn benötigt, nach 8. gehen		
4. Mit Hilfe einer Landkarte Bodenreflexionspunkte als Land oder See identifizieren		
5. Zahl der Landreflexionen (ggf. Null) eingeben	B	Landreflexionsverlust
6. Zahl der Seereflexionen (ggf. Null) eingeben	C	Seereflexionsverlust
7. Wird kein Antennengewinn benötigt, nach 9. gehen		
8. Azimutwinkel (r.w.N.) der Antennenhauptstrahlrichtung eingeben. Ist die Antenne auf den Empfangsort gerichtet, Null eingeben.	D	- Hauptstrahlrichtung - Relative Abstrahlrichtung

² Dieser Feldstärkewert gilt nur für 1-Sprung-Verbindungen ohne Berücksichtigung des Antennengewinns.

Sonnenfleckenzahl	50.00 ***
Monat	6.00 ***
Zeit (UTC)	16.00 ***
Betriebsfrequenz	12.00 ***
Elevationswinkel	6.10 ***
Ionosphärischer Absorptionsverlust	11.40 ***
Gesamte Absorptionsverluste	11.40 ***
Freiraumdämpfung	63.10 ***
Feldstärke ohne Antennengewinn	23.50 ***
Hauptstrahlrichtung	180.00 ***
Relative Abstrahlrichtung	14.62 ***
Antennengewinn	15.09 ***
Gesamtverlust	68.41 ***
Feldstärke einschl. Antennengewinn	38.59 ***

F-mode-Ausbreitung

Entfernung Sender – Empfangsort (km)	1396.66 ***
Azimut Sender – Empfangsort (Grad)	165.38 ***
Ionosphär. Reflexionspunkt Breite	41.97 ***
Länge	12.81 ***
Sonnenfleckenzahl	50.00 ***
F-MUF am Reflexionspunkt	12.38 ***
Strecken-F-MUF (Medianwert)	12.38 ***
Betriebsfrequenz	12.00 ***
Übertragungswahrscheinlichkeit	0.62 ***
Breite Empfangsort	35.83 T
Länge Empfangsort	14.57 Z
Breite Senderort	48.08 Y
Länge Senderort	10.68 X
Sonnenfleckenzahl	50.00 ***
Monat	6.00 ***
Zeit (UTC)	16.00 ***
Betriebsfrequenz	12.00 ***
Elevationswinkel	20.88 ***
Ionosphärischer Absorptionsverlust	5.63 ***
Gesamter Absorptionsverlust	5.63 ***
Freiraumdämpfung	63.91 ***
Feldstärke ohne Antennengewinn	28.45 ***
Hauptstrahlrichtung	180.00 ***
Relative Abstrahlrichtung	14.62 ***
Antennengewinn	-4.25 ***
Gesamtverlust	82.80 ***
Feldstärke einschl. Antennengewinn	25.20 ***

[3]) berechnete Feldstärke darstellt. Für den Vergleich wurden die jeweiligen Feldstärkewerte für jede geradzahlige Stunde und für die Frequenzen 6,1 MHz, 7,2 MHz, 9,6 MHz, 11,8 MHz, 15,3 MHz, 17,8 MHz und 21,6 MHz benutzt.

Strecke	Ent- fernung (km)	Mittelwert (dB)		Standard- abweichung (dB)	
		Juni	Dez.	Juni	Dez.
Wertachtal –					
– Dakar	4344	–0.5	–0.7	4.6	5.0
– Addis Abeba	5490	–1.6	–0.1	4.2	5.1
– Delhi	6015	1.0	4.6	7.1	9.0
– Kapstadt	8180	0.4	0.1	6.3	5.3
– S. Franzisko	9082	1.8	10.4	7.9	15.1
– Tokio	9783	–5.5	0.8	5.7	8.5
– Rio de Janeiro	9874	1.0	0.5	8.1	7.8
– Melbourne	15865	–0.2	1.2	10.5	11.2
Alle Strecken		–0.5	2.1	7.1	9.0
Alle Strecken und Monate		0.8		8.1	

Tabelle 1

Vergleich zwischen Taschenrechner- und CCIR-Methode

Die angegebenen Werte beziehen sich auf die Differenz

$$\Delta E = E_1 - E_2 \quad (E_1 = \text{Feldstärke nach Taschenrechnermethode,} \\ E_2 = \text{Feldstärke nach CCIR [3]})$$

Die Mittelung über alle betrachteten Strecken und Monate ergibt eine Abweichung von weniger als 1 dB. Die beste Übereinstimmung wird bei Nord-Süd-Strecken erzielt, die größten Abweichungen ergeben sich bei Strecken, die hohe nördliche Breiten durchlaufen. Die Standardabweichungen scheinen mit der Streckenlänge zuzunehmen.

SCHRIFTTUM

- [1] Leftin, M. (Hrsg.): Ionospheric predictions. Vol. 1. OT/TRER 13, U.S. Dept. of Commerce, Boulder, Col. 1971.
- [2] Leftin, M. (Hrsg.): Ionospheric predictions. Vol. 2, 3, 4. OT/TRER 13, U.S. Dept. of Commerce, Boulder, Col. 1971.
- [3] CCIR: CCIR interim method for estimating sky wave fieldstrength and transmission loss at frequencies between the approximate limits of 2 and 30 MHz. Rep. 252-2, Genf 1970.
- [4] CCIR: Second CCIR computer based interim method for estimating sky wave fieldstrength and transmission loss at frequencies between 2 and 30 MHz. Ergänzung zu Rep. 252-2, Genf 1970, Abschnitt 4.2, S. 5 bis 8.

Anhang: Programmliste

(siehe nächste Seite)

5. Vergleich mit Rechenergebnissen nach CCIR [3]

Es wurden Vergleichsrechnungen für acht verschiedene Strecken (jeweils für die Monate Juni und Dezember) und die Sonnenfleckenzahl 50 durchgeführt. **Tabelle 1** zeigt Mittelwert und Standardabweichung der Differenz $\Delta E = E_1 - E_2$, wobei E_1 die mit dem beschriebenen Taschenrechnerprogramm ermittelte und E_2 die nach CCIR (Programm HFMLOSS,

Karte Nr. 1

001	*LBL6	058	PRTX	115	x	172	RCL1
002	SF1	059	RCL6	116	+	173	ST+8
003	RTN	060	RCL7	117	SIN ⁻¹	174	GT07
004	*LBLA	061	RCL8	118	STOE	175	*LBL2
005	CF0	062	x	119	PRTX	176	P+S
006	CF1	063	-	120	COS	177	DSF2
007	FI	064	RCL5	121	RCL8	178	RCLC
008	R+S	065	÷	122	COS	179	RND
009	STO4	066	RCL9	123	RCL7	180	EEX
010	0	067	SIN	124	RCL6	181	4
011	STO1	068	ABS	125	SIN	182	÷
012	RTN	069	÷	126	x	183	X<0?
013	*LBLB	070	COS ⁻¹	127	-	184	GT01
014	STO1	071	F2?	128	R+	185	.
015	IS21	072	GSB9	129	÷	186	1
016	RTN	073	F3?	130	RCL5	187	+
017	*LBLD	074	GSB9	131	÷	188	*LBL1
018	SF0	075	F0?	132	COS ⁻¹	189	STO1
019	*LBLC	076	GSB8	133	STOC	190	RCL6
020	CF3	077	STOE	134	RCL8	191	RCLC
021	DEG	078	PRTX	135	RCL4	192	x
022	RCL3	079	RCL9	136	X<Y?	193	ENT↑
023	RCL1	080	ENT↑	137	GSB6	194	ABS
024	-	081	ENT↑	138	RCL8	195	÷
025	STOD	082	2	139	X>Y?	196	ST×1
026	X<0?	083	8	140	GSB6	197	RCL6
027	SF2	084	ENT↑	141	RCLC	198	RND
028	ABS	085	1	142	RCL3	199	EEX
029	RCL4	086	5	143	+	200	2
030	X<Y	087	F1?	144	RCL4	201	x
031	X>Y?	088	X<Y	145	CHS	202	ST+i
032	SF3	089	R+	146	X>Y?	203	P+S
033	COS	090	÷	147	GT04	204	RTN
034	RCL0	091	INT	148	CHS	205	*LBL9
035	COS	092	1	149	X<Y?	206	3
036	x	093	+	150	GT04	207	6
037	RCL2	094	R/S	151	X<Y	208	0
038	COS	095	STOA	152	GT05	209	-
039	STO5	096	÷	153	*LBL4	210	ABS
040	x	097	.	154	2	211	RTN
041	RCL0	098	5	155	x	212	*LBL8
042	SIN	099	STO1	156	-	213	RCL4
043	STO6	100	x	157	*LBL5	214	X>Y?
044	RCL2	101	STO8	158	STOC	215	CHS
045	SIN	102	STOD	159	PRTX	216	CHS
046	STO7	103	*LBL7	160	RCL1	217	+
047	x	104	SPC	161	FRC	218	RTN
048	+	105	RCL8	162	X>0?	219	*LBL6
049	STO8	106	COS	163	GSB2	220	RCLC
050	COS ⁻¹	107	RCL5	164	RCLA	221	CHS
051	F0?	108	x	165	RCL1	222	STOC
052	GSB9	109	RCL8	166	.	223	R+
053	STO9	110	SIN	167	5	224	RTN
054	1	111	x	168	+		
055	1	112	RCL7	169	STO1		
056	1	113	RCL8	170	X=Y?		
057	x	114	COS	171	RTN		

Karte Nr. 2

001	*LBLA	058	GT02	115	RCLD	172	1
002	SPC	059	STO4	116	.	173	-
003	1	060	R+	117	2	174	R/S
004	.	061	STO3	118	2	175	1
005	1	062	R+	119	2	176	-
006	CHS	063	STO2	120	4	177	÷
007	STO5	064	R+	121	x	178	ABS
008	2	065	STO1	122	STOA	179	1
009	.	066	RCL0	123	1	180	+
010	0	067	CF1	124	.	181	.
011	5	068	1	125	4	182	0
012	STO6	069	1	126	CF0	183	X<Y
013	.	070	0	127	X>Y?	184	÷
014	1	071	X<Y?	128	SF0	185	STOC
015	5	072	SF1	129	F0?	186	RCL8
016	CHS	073	RCL0	130	P+S	187	RCL9
017	STO7	074	F1?	131	RCLA	188	X>Y?
018	.	075	1	132	3	189	GT03
019	0	076	1	133	Y*	190	RCLC
020	1	077	0	134	RCL8	191	.
021	CHS	078	-	135	x	192	3
022	STO8	079	RCL1	136	RCLA	193	-
023	P+S	080	RCL3	137	X?	194	X<0?
024	.	081	-	138	RCL7	195	0
025	0	082	x	139	x	196	PRTX
026	0	083	F1?	140	+	197	RTN
027	4	084	2	141	RCLA	198	*LBL3
028	5	085	EEX	142	RCL6	199	1
029	9	086	2	143	x	200	.
030	STO5	087	CHS	144	+	201	3
031	.	088	x	145	RCL5	202	RCLC
032	0	089	RCL3	146	+	203	-
033	2	090	+	147	F0?	204	1
034	0	091	STOA	148	P+S	205	X>Y?
035	2	092	RCL0	149	RCL4	206	X<Y
036	STO6	093	F1?	150	x	207	PRTX
037	.	094	1	151	4	208	RTN
038	5	095	1	152	÷	209	R/S
039	3	096	0	153	RCL3		
040	3	097	-	154	+		
041	STO7	098	RCL2	155	PRTX		
042	.	099	RCL4	156	RCL9		
043	1	100	-	157	X<Y		
044	2	101	x	158	X<Y?		
045	2	102	F1?	159	STO9		
046	STO8	103	2	160	GT01		
047	P+S	104	EEX	161	*LBL2		
048	RTN	105	2	162	RCL9		
049	*LBLB	106	CHS	163	SPC		
050	STO0	107	x	164	PRTX		
051	PRTX	108	RCL4	165	RTN		
052	9	109	+	166	*LBLC		
053	9	110	STO3	167	SPC		
054	STO9	111	RCLA	168	PRTX		
055	*LBL1	112	X<Y	169	STO8		
056	R/S	113	-	170	RCL9		
057	X<0?	114	STO4	171	÷		

Karte Nr. 3

001	*LBLA	058	9	115	RCLA	172	=
002	SPC	059	ST09	116	3	173	ABS
003	1	060	*LBL1	117	Y*	174	1
004	.	061	R/S	118	RCL8	175	+
005	8	062	X<0?	119	x	176	.
006	3	063	GT02	120	RCLA	177	8
007	7	064	ST04	121	X*	178	X*Y
008	CHS	065	X*Y	122	RCL7	179	=
009	ST05	066	ST02	123	x	180	ST0C
010	1	067	RCL0	124	+	181	RCLB
011	4	068	CF1	125	RCLA	182	RCL9
012	.	069	1	126	RCL6	183	X>Y?
013	9	070	1	127	x	184	GT03
014	5	071	0	128	+	185	RCLC
015	ST06	072	X*Y?	129	RCL5	186	.
016	7	073	SF1	130	+	187	3
017	.	074	RCL0	131	F0?	188	-
018	2	075	F1?	132	P*9	189	X<0?
019	3	076	1	133	.	190	0
020	2	077	1	134	0	191	PRTX
021	CHS	078	0	135	7	192	RTN
022	ST07	079	-	136	5	193	*LBL3
023	1	080	RCL2	137	7	194	1
024	.	081	RCL4	138	6	195	.
025	2	082	-	139	x	196	3
026	3	083	x	140	RCL3	197	RCLC
027	4	084	F1?	141	4	198	-
028	ST08	085	2	142	.	199	1
029	P*9	086	EEX	143	8	200	X>Y?
030	0	087	2	144	=	201	X*Y
031	ST05	088	CHS	145	LOG	202	PRTX
032	1	089	x	146	+	203	RTN
033	.	090	RCL4	147	1	204	R/S
034	4	091	+	148	0		
035	3	092	ST03	149	X*Y		
036	2	093	RCLD	150	Y*		
037	CHS	094	.	151	PRTX		
038	ST06	095	2	152	RCL9		
039	4	096	2	153	X*Y		
040	6	097	2	154	X*Y?		
041	.	098	4	155	ST05		
042	5	099	x	156	GT01		
043	6	100	ST0A	157	*LBL2		
044	ST07	101	2	158	RCL9		
045	6	102	.	159	SPC		
046	4	103	2	160	PRTX		
047	.	104	X*Y?	161	RTN		
048	2	105	ST0A	162	*LBLC		
049	8	106	RCLA	163	SPC		
050	CHS	107	.	164	PRTX		
051	ST08	108	2	165	ST0B		
052	P*9	109	5	166	RCL9		
053	RTN	110	CF0	167	=		
054	*LBLB	111	X>Y?	168	1		
055	ST0B	112	SF0	169	-		
056	PRTX	113	F0?	170	.		
057	9	114	P*9	171	1		

Karte Nr. 4

001	*LBLB	058	1/X	115	SIN	172	GT03
002	SF1	059	RCL5	116	RCL5	173	*LBL2
003	RTN	060	RCL4	117	SIN	174	1
004	*LBLA	061	+	118	x	175	*LBL3
005	SPC	062	x	119	+	176	PRTX
006	RCL0	063	RCLA	120	COS-	177	ST+9
007	RCL1	064	x	121	.	178	RCL1
008	RCL2	065	2	122	8	179	RCLA
009	RCL3	066	x	123	8	180	X*Y?
010	PRST	067	RCLD	124	1	181	GT04
011	0	068	SIN	125	x	182	RCL9
012	ST01	069	x	126	9	183	SPC
013	ST09	070	COS-	127	0	184	PRTX
014	RTN	071	ST07	128	X*Y?	185	RCL6
015	*LBLB	072	PRTX	129	GT02	186	LOG
016	ST01	073	SPC	130	X*Y	187	2
017	PRTX	074	LSTX	131	COS	188	0
018	ISZI	075	1	132	1	189	x
019	RTN	076	.	133	.	190	PRTX
020	*LBLC	077	0	134	3	191	ST+9
021	SPC	078	1	135	Y*	192	9
022	SPC	079	3	136	RCL0	193	0
023	1	080	=	137	3	194	RCL9
024	1	081	SIN-	138	.	195	-
025	5	082	ST08	139	7	196	SPC
026	ENT1	083	0	140	EEX	197	PRTX
027	3	084	ST01	141	3	198	RTN
028	2	085	*LBL4	142	CHS	199	*LBL1
029	0	086	GSB1	143	x	200	P*9
030	F1?	087	ISZI	144	1	201	RCL1
031	X*Y	088	RCLC	145	+	202	INT
032	ST04	089	RCL2	146	x	203	EEX
033	6	090	1	147	RCL8	204	2
034	3	091	5	148	COS	205	=
035	7	092	x	149	=	206	ST0E
036	0	093	+	150	6	207	RCL1
037	ST05	094	COS	151	7	208	ABS
038	+	095	RCL1	152	7	209	FRC
039	RCLD	096	6	153	.	210	1
040	COS	097	-	154	2	211	0
041	CHS	098	3	155	x	212	x
042	1	099	0	156	RCL3	213	1
043	+	100	x	157	1	214	X*Y
044	x	101	COS	158	.	215	X*Y?
045	RCL5	102	2	159	4	216	CHS
046	x	103	3	160	+	217	FRC
047	2	104	.	161	1	218	EEX
048	x	105	5	162	.	219	3
049	RCL4	106	x	163	9	220	x
050	X*	107	ST05	164	8	221	ST0C
051	+	108	COS	165	Y*	222	P*9
052	JX	109	x	166	1	223	CF1
053	RCLA	110	RCLC	167	0	224	RTN
054	x	111	COS	168	.		
055	2	112	x	169	2		
056	x	113	CHS	170	+		
057	ST06	114	RCLC	171	=		

Karte Nr. 5

001	*LBLA	058	x	115	*LBL1	172	STx0
002	0	059	RCL2	116	PRTX	173	1
003	ST06	060	-	117	EEX	174	RCL1
004	SPC	061	RCLD	118	3	175	RCLC
005	RTN	062	RCL8	119	CHS	176	D+R
006	*LBLB	063	x	120	+	177	COS
007	ST0A	064	RCL1	121	ST0C	178	x
008	X=0?	065	-	122	RCL7	179	-
009	GT04	066	+F	123	SIN	180	Pi
010	4	067	RCLC	124	ST05	181	x
011	ST0D	068	RCL8	125	RCLC	182	4
012	EEX	069	x	126	SIN	183	=
013	3	070	RCL2	127	RCL7	184	COS
014	CHS	071	+	128	COS	185	STx0
015	*LBL3	072	RCLD	129	ST01	186	RCL5
016	RCL3	073	RCL8	130	x	187	3
017	=	074	x	131	ST04	188	x
018	1	075	RCL1	132	RAD	189	Pi
019	0	076	+	133	Pi	190	x
020	EEX	077	+P	134	x	191	SIN
021	3	078	X=Y	135	2	192	STx0
022	x	079	R↓	136	=	193	RCL0
023	CHS	080	=	137	COS	194	X²
024	ST0C	081	X²	138	1	195	LOG
025	RCLD	082	RCL4	139	RCL4	196	1
026	RCL7	083	X²	140	X²	197	0
027	COS	084	+	141	-	198	x
028	X²	085	2	142	√X	199	2
029	-	086	=	143	=	200	.
030	+F	087	LOG	144	ST08	201	7
031	√X	088	1	145	RCL4	202	4
032	X=Y	089	0	146	2	203	-
033	2	090	x	147	x	204	ST-6
034	=	091	CHS	148	Pi	205	PRTX
035	X=Y	092	RCLA	149	x	206	DEG
036	+R	093	x	150	SIN	207	RTN
037	ST01	094	*LBL4	151	RCL4	208	*LBLB
038	X=Y	095	PRTX	152	2	209	SPC
039	ST02	096	ST+6	153	=	210	RCL6
040	CHS	097	RTN	154	Pi	211	RCL9
041	RCL7	098	*LBLC	155	x	212	+
042	SIN	099	ST0A	156	SIN	213	9
043	ST08	100	X=0?	157	=	214	+
044	RCL1	101	GT04	158	STx0	215	PRTX
045	-	102	0	159	RCL5	216	CHS
046	+P	103	0	160	2	217	1
047	RCL2	104	ST0D	161	x	218	0
048	RCL1	105	5	162	Pi	219	7
049	RCL8	106	GT03	163	x	220	+
050	+	107	*LBLD	164	SIN	221	SFC
051	+F	108	SPC	165	RCL5	222	PRTX
052	X=Y	109	PRTX	166	2	223	RTN
053	R↓	110	X=0?	167	=	224	R/S
054	=	111	GT01	168	Pi		
055	ST04	112	RCLB	169	x		
056	RCLC	113	-	170	SIN		
057	RCL8	114	ABS	171	=		

RECHNERGESTÜTZTE BESTIMMUNG DER VERTIKALDIAGRAMME VON UKW-SENDEANTENNEN AUS DIPOLFELDERN

VON KLAUS BREITKOPF UND EDGAR DÄGELE¹

Manuskript eingegangen am 3. Dezember 1981

Antennentechnik

Zusammenfassung

Mit dem vorliegenden Aufsatz sollen anhand praktisch realisierter UKW-Dipolfelder Planungshinweise für gewinnoptimierte Antennen gegeben werden, wobei im Detail die rechnergestützte Bestimmung der Vertikaldiagramme derartiger Antennen beschrieben wird. Dabei wird von einer sinusförmigen Stromverteilung auf den Dipolen ausgegangen und die Strahlungskopplung zwischen benachbarten Antennenelementen wird vernachlässigt. Reflektorflächen werden rechnerisch wie unendlich ausgedehnte leitende Ebenen behandelt.

Es werden sowohl Rechnerprogramme zur numerischen Bestimmung der Vertikaldiagramme mit einem UPN-Rechner (UPN = Umgekehrte Polnische Notation) vom Typ Hewlett Packard HP 97 angegeben (diese Programme können, auf eine Magnetkarte aufgezeichnet, auch von dem neueren UPN-Taschenrechner HP 41 C verarbeitet werden) als auch ein BASIC-Rechenprogramm für den weit verbreiteten Tischrechner HP 85, der in Verbindung mit einem Graphics Plotter das automatische Plotten der normierten Vertikaldiagramme ermöglicht.

Summary Computer-assisted determination of the vertical radiation patterns of VHF emitting antennas consisting of panels of dipoles.

It is the purpose of the present article to present directives for designing gain-optimised VHF antennas based upon dipole panels feasible in practice, a detailed description being given of the computer-assisted determination of the vertical radiation patterns of such antennas. The method assumes a sinusoidal current distribution in the dipoles, and the radiation coupling between adjacent antenna elements is disregarded. For the purposes of the calculation, the reflector screens are considered as infinitely extended conducting planes.

The authors make mention of computer programs for the numerical determination of the vertical radiation patterns by means of a UPN computer (UPN = inverted Polish notation) of the Hewlett-Packard HP 97 type (those programs, when recorded on a magnetic card, can also be processed by the more recent UPN pocket calculator type HP 41 C), as well as of a BASIC computer program for the widely available HP 85 desk computer which, in conjunction with a graphics plotter, enables the standardised vertical radiation patterns to be plotted automatically.

Sommaire Détermination assistée par ordinateur des diagrammes de rayonnement verticaux des antennes d'émission B.m constituées de panneaux de doublets

Le but du présent article est de donner des directives pour l'étude d'antennes B.m en panneaux de doublets qui soient optimisées en gain et réalisables pratiquement. Il décrit en détail une procédure assistée par ordinateur pour la détermination du diagramme de rayonnement vertical d'antennes de ce genre. On suppose que la répartition du courant dans les doublets est sinusoidale et on néglige l'effet du couplage par rayonnement entre éléments contigus. On admet de plus que les réflecteurs constituent un plan infini.

Les auteurs décrivent des programmes pour la détermination des diagrammes verticaux au moyen d'une calculatrice Hewlett-Packard HP 97 qui utilise la notation polonaise inversée (ces programmes enregistrés sur carte magnétique conviennent aussi pour le modèle HP 41 C, plus récent, qui fait appel à la même notation). On donne aussi un programme en BASIC pour l'ordinateur de bureau classique HP 85 et, si on l'associe avec une table traçante, on peut obtenir automatiquement les diagrammes de rayonnement vertical, tracés sous forme normalisée.

1. Vorbetrachtung

Die durch die Weltweite Funkverwaltungs-konferenz (WARC) 1979 endgültig festgelegte Erweiterung des UKW-Rundfunkbandes um den Bereich 100 bis 104 MHz (108 MHz) und die Neuordnung der UKW-Frequenzen für die Region 1 in dem von einer Regionalen Funkverwaltungs-konferenz (RARC) Ende 1984 zu beschließenden neuen Wellenplan werden kurzfristig zu erheblichen Investitionen für neue UKW-Sender und UKW-Sendeantennen führen.

Im Hinblick auf ständig steigende Stromkosten werden dabei Anlagenkonzepte an Bedeutung gewinnen, bei denen zugunsten höherer Antennengewinne die notwendigen Senderausgangsleistungen reduziert werden können. Damit könnten z. B. bei hohen Strahlungsleistungen von 50 bis 100 kW in verstärktem Maße anstelle der heute üblichen röhrenbestückten 10-kW-UKW-Sender bereits volltran-

sistorierte UKW-Sender der Leistungsklassen 3 kW und 5 kW eingesetzt werden.

2. Besondere Merkmale von UKW-Sendeantennen aus Dipolfeldern

2.1. Optimaler Antennengewinn

Der Gewinn einer Sendeantenne aus gestockten Dipolfeldern ist im wesentlichen abhängig von der Anzahl der Antennenebenen (Felder) übereinander, dem vertikalen Abstand zwischen den Antennenebenen und der horizontalen Anordnung der Dipolfelder in einer Ebene. Wenn die Anzahl n der Antennenebenen vorgegeben ist, ergibt sich der maximale Gewinn für den Ebenenabstand

$$B = b \cdot \lambda = \frac{n}{n+1} \cdot \lambda \quad (1)$$

Bei einer vorgegebenen Bandbreite für UKW-Sendeantennen von 87,5 bis 108 MHz kann der Ebenenabstand z. B. für die Mittenfrequenz (etwa 98 MHz) festgelegt werden. Damit ergeben sich in Abhängig-

¹ Dipl.-Ing. Klaus Breitkopf ist Leiter der Hauptabteilung Sendertechnik, Ing. (grad.) Edgar Dägele ist Leiter der Abteilung Meßtechnik beim RIAS Berlin.

Zahl der Ebenen n	Optimaler Ebenenabstand B (m)
6	2,62
7	2,68
8	2,72
9	2,75
10	2,78
11	2,81
12	2,82

Tabelle 1
Ebenenzahl und optimaler Ebenenabstand

keit von der Zahl der Antennenebenen die in **Tabelle 1** angegebenen Ebenenabstände.

In der Praxis werden überwiegend Antennen mit 6 bis 12 Ebenen benötigt. Für derartige Antennenausführungen ergibt sich als optimaler Ebenenabstand ein Mittelwert von 2,7 m. Tatsächlich sind Sendantennen mit diesem optimalen Ebenenabstand nur mit UKW-Einerfeldern zu realisieren. Demgegenüber haben herkömmliche UKW-Zweierfelder in der Regel vertikale Dipolabstände von nur 1,6 m. Das bedeutet z. B. bei einer Antenne aus 6 Dipolebenen, daß sie bei Realisierung mit Zweierfeldern einen um 2 dB geringeren Gewinn liefert als die gewinnoptimierte Antenne aus Einerfeldern.

2.2. Konstruktive Merkmale

Einerfelder sind Dipolfelder mit einem Halbwellendipol, der sich im Abstand von etwa einer Viertelwellenlänge vor einer Reflektorfläche befindet. Einerfelder sind kleiner und leichter als Zweierfelder, bei denen zwei Dipole vor einem entsprechend größeren Reflektor angeordnet sind. Einerfelder ergeben damit eine einfachere Montage als Zweierfelder. Ihr

Hauptvorteil ist jedoch die Verringerung der Anzahl der erforderlichen Dipole bei vorgegebenem Gesamtgewinn einer Antenne, da der Ebenenabstand stets für maximalen Gewinn dimensioniert werden kann. Damit wird unter Umständen die statische Belastung des Tragmastes erheblich reduziert.

2.3. Breitbandeigenschaften

Bei den bisher üblichen Zweierfeldern wurden die Dipolabstände vor allem in Hinblick auf eine breitbandige Anpassung klein gewählt, denn mit der resultierenden Strahlungskopplung zwischen den Ebenen konnte die Anpassung verbessert werden. Bei einem Ebenenabstand von 2,7 m für optimalen Gewinn verbessert die Strahlungskopplung nicht mehr die Breitbandigkeit der Anpassung. Geeignete Breitbandkompensationen sind in Einerfeldern daher notwendig, ein strahlungsgekoppelter Direktor kann dabei hilfreich sein. Eine weitere Verbesserung der Anpassung kann durch Anwendung von Phasenkompensation erreicht werden.

Für die rechnerische Bestimmung der Strahlungsdiagramme vollständiger Antennen aus Dipolfeldern kann jedoch mit sehr guter Näherung vom einfachen Modell des Halbwellendipols vor einer unendlich ausgedehnten Reflektorebene ausgegangen werden. Da die Strahlungskopplung zwischen den Antennenebenen ebenfalls unberücksichtigt bleiben kann, ergeben sich relativ einfache Berechnungsmöglichkeiten für die Strahlungsdiagramme derartiger Antennen.

2.4. Ausführungsformen von UKW-Dipolfeldern

Bild 1 zeigt ein modernes UKW-Einerfeld. In **Tabelle 2** sind die technischen Daten dieses Einerfeldes und Vergleichsdaten eines herkömmlichen Zweierfeldes aufgeführt.

AEG-Telefunken gibt für UKW-Sendeantennen, die mit den vorgenannten Einerfeldern aufgebaut

	Einerfeld	Zweierfeld
Frequenzbereich	87,5 bis 108 MHz	87,5 bis 108 MHz
Eingangsimpedanz	50 Ω	50 Ω
Reflexionsdämpfung	≥ 21 dB	≥ 21 dB
Zulässige Eingangsleistung	4 kW	4 kW
Gewinn	5 dB (1 Dipol)	6,5 dB (2 Dipole)
Windfläche		
von vorn	0,77 m ²	1,8 m ²
von der Seite	0,74 m ²	0,9 m ²
Windgeschwindigkeit	max. 200 km/h	max. 200 km/h
Abmessungen der Reflektorfläche	1,90 $\times$ 1,30 m (B $\times$ H)	2,00 $\times$ 3,00 m (B $\times$ H)
Gewicht	20 kg (Alu)	120 kg (Stahl)
Abstand zwischen 2 Dipolebenen	2,7 m (optimal wählbar)	1,6 m (fest)

Tabelle 2
Technische Daten von UKW-Dipolfeldern

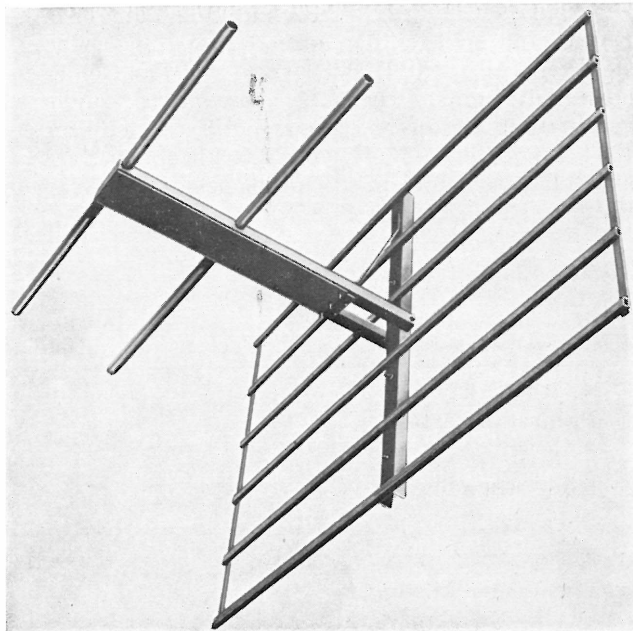


Bild 1
Dipolfeld (Einerfeld) für VHF-Sendeantennen
im Band II (87,5 bis 108 MHz)
(Werkfoto AEG-Telefunken)

werden, in Abhängigkeit von der Zahl der Felder pro Ebene² folgende Antennengewinne an (jeweils bezogen auf den Halbwellendipol):

Anzahl der Ebenen	Gewinn 2 Felder je Ebene (dB)	Gewinn 3 Felder je Ebene (dB)	Gewinn 4 Felder je Ebene (dB)	Antennenhöhe (m)
2	6	4	3	4
3	8	6	5	6,7
4	9	7	6	9,4
5	10	8	7	12,1
6	11	9	8	14,8
8	12	10	9	20,2
10	13	11	10	25,6
12	14	12	11	31,0
16	15	13	12	41,8

Je nach Anzahl und Anordnung der Dipolfelder am Trägermast lassen sich in bekannter Weise Horizontaldiagramme für Rund- oder Richtstrahlung erzeugen.

3. Rechnergestützte Bestimmung der Vertikaldiagramme von UKW-Sendeantennen aus Dipolfeldern

UKW-Sendeantennen aus Dipolfeldern lassen sich bezüglich ihrer Vertikaldiagramme in zwei große Gruppen einteilen:

- a) Antennen mit gleichartiger Speisung aller Antennenebenen ohne Absenkung der Hauptstrahlkeule und ohne Nullstellenauffüllung,

- b) Antennen mit unterschiedlicher Speisung der Antennenebenen zur Absenkung der Hauptstrahlkeule und zur Nullstellenauffüllung.

Für beide Fälle werden nachfolgend universelle Rechenprogramme vorgestellt. Dabei wird von einer sinusförmigen Stromverteilung auf den Dipolen ausgegangen und die Strahlungskopplung zwischen benachbarten Antennenelementen vernachlässigt. Reflektorflächen werden rechnerisch wie unendlich ausgedehnte leitende Ebenen behandelt.

Die mathematische (formelmäßige) Beschreibung derartiger Vertikaldiagramme hat keinen allzu hohen Schwierigkeitsgrad. Der numerische Aufwand ist jedoch in der Regel erheblich. Hier hat die Einführung elektronischer Rechenhilfen große Arbeitserleichterungen und vor allem Zeitersparnisse mit sich gebracht. Daß man allerdings nicht unbedingt eine größere Computeranlage benötigt, sondern die Berechnung von durchaus komplexen Vertikaldiagrammen auch mit programmierbaren wissenschaftlichen Taschenrechnern und einfachen Tischrechnern (sogenannten Personalcomputern) durchführen kann, soll dieser Beitrag zeigen.

Die angegebenen Programme gelten für folgende Rechner:

- Taschenrechner-Programme:

Sie gelten für UPN-Rechner vom Typ HP 97 bzw. HP 67 und können, auf Magnetkarten aufgezeichnet, auch von dem neueren Rechner HP 41 C verarbeitet werden.

- BASIC-Programme:

Sie gelten für den Tischcomputer HP 85 A in Verbindung mit dem Graphics Plotter HP 7225 A.

4. Berechnung des Vertikaldiagramms einer Antenne aus Dipolfeldern (Einerfeldern) ohne Absenkung der Hauptstrahlkeule und ohne Nullstellenauffüllung

Dieser Fall läßt sich auf die Bestimmung des Vertikaldiagramms einer vertikalen Dipolzeile mit n Dipolen im Abstand $(a/2)\lambda$ vor einer Reflektorfläche zu-

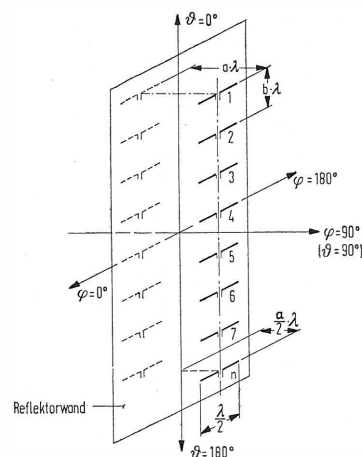


Bild 2
Vertikale Dipolzeile mit n Halbwellendipolen im Abstand $(a/2)\lambda$ vor einer Reflektorwand als Grundmodell für die Berechnung von Vertikaldiagrammen von UKW-Sendeantennen aus Dipolfeldern

² Alle Ebenen mit gleicher Leistung gespeist.

rückführen. Wie in **Bild 2** gezeigt, wird die Reflektorfläche rechnerisch in Form sogenannter Spiegeldipole (mit gegenphasiger Speisung) berücksichtigt. Die zu berechnende lineare Gruppe besteht demnach aus zwei parallelen vertikalen Dipolzeilen im Abstand $a \cdot \lambda$ mit Dipolen, die untereinander den Abstand $b \cdot \lambda$ haben.

Für die Bestimmung der Richtdiagramme von Gruppenantennen gilt allgemein

$$|E(\varphi, \vartheta)| = |E(\varphi, \vartheta)_{\text{Einzelstrahler}}| \cdot |E(\varphi, \vartheta)_{\text{Gruppe}}| \quad (2)$$

Legt man als Einzelstrahler **Halbwelldipole** zugrunde, dann vereinfacht sich die Berechnung des Vertikaldiagramms für den Fall $\varphi = 90^\circ$ erheblich, denn das zugehörige Vertikaldiagramm des Halbwelldipols wird

$$|E(\varphi = 90^\circ, \vartheta)_{\lambda/2 \text{ Dipol}}| \approx \left| \frac{\cos(90^\circ \cdot \cos 90^\circ \cdot \sin \vartheta)}{\sqrt{1 - \cos^2 90^\circ \cdot \sin^2 \vartheta}} \right| = 1 \quad (3)$$

Damit vereinfacht sich (2) auf die Gruppencharakteristik allein:

$$|E(\vartheta)| = k \cdot \left| \frac{\sin(n \cdot 180^\circ \cdot b \cdot \cos \vartheta)}{\sin(180^\circ \cdot b \cdot \cos \vartheta)} \right| \cdot \left| 2 \cdot \cos(90^\circ + 180^\circ \cdot a \cdot \sin \vartheta) \right| \quad (4)$$

(a und b sind auf die benutzte Wellenlänge bezogen).

Zur Bildung des normierten Vertikaldiagramms $|E|/|E|_{\max}$ wird $|E|_{\max}$ für $\vartheta = 90^\circ$ bestimmt.

Aus einer Grenzwertbetrachtung nach L'Hospital erhält man

$$\lim_{\vartheta \rightarrow 90^\circ} \left| \frac{\sin(n \cdot 180^\circ \cdot b \cdot \cos \vartheta)}{\sin(180^\circ \cdot b \cdot \cos \vartheta)} \right| = n \quad (5)$$

Damit wird

$$|E|_{\max} = |E(\vartheta = 90^\circ)| = k \cdot n \cdot \left| 2 \cdot \cos(90^\circ + 180^\circ \cdot a) \right| \quad (6)$$

Aus (3) und (4) ergibt sich dann die Formel für das normierte Vertikaldiagramm

$$\frac{|E|}{|E|_{\max}} = \frac{1}{n} \cdot \left| \frac{\sin(n \cdot 180^\circ \cdot b \cdot \cos \vartheta)}{\sin(180^\circ \cdot b \cdot \cos \vartheta)} \right| \cdot \left| \frac{\cos(90^\circ + 180^\circ \cdot a \cdot \sin \vartheta)}{\cos(90^\circ + 180^\circ \cdot a)} \right| \quad (7)$$

Dabei ist

- n = Anzahl der Dipole
- a = doppelter Abstand der Dipole von der Reflektorfläche, bezogen auf die Wellenlänge
- b = Abstand der Dipole untereinander, ebenfalls bezogen auf die Wellenlänge
- ϑ = Zenitwinkel.

4.1. Programm A

Numerische Bestimmung des durch Formel (7) beschriebenen Vertikaldiagramms mit Hilfe eines programmierbaren Taschenrechners (HP 97)

Da nur etwa 65 Programmschritte für die eigentliche Berechnung eines Wertes $|E|/|E|_{\max}$ entsprechend Formel (7) benötigt werden, stehen mehr als genug Programmspeicher für einen „komfortablen“

Programmaufbau zur Verfügung. Die Eingabe aller Konstanten erfolgt über adressierbare Speicherregister, kann also sehr leicht variiert werden. Der Rechner schaltet entsprechend den gewählten $\Delta\vartheta$ -Werten automatisch weiter und stoppt bei Erreichen von $\vartheta = 180^\circ$. Zu jedem ϑ -Wert wird das Ergebnis $|E|/|E|_{\max}$ als Relativzahl und in dB (bezogen auf den Wert in Hauptstrahlrichtung) ausgedruckt.

Rechenablauf:

Schritt/Anweisung	Eingabe	Tasten	(Drucker-)Anzeige
1 Seiten 1 und 2 der Programmkarte einlesen			
2 Konstanteneingabe:			
Ebenenzahl	n	A	n
Ebenenabstand b	b	C	b
Zweifacher Abstand Dipol - Reflektor	a	B	a
Schrittweite	$\Delta\vartheta$	f D	$\Delta\vartheta$
Anfangswinkel	ϑ_0	D	ϑ_0
3 Diagrammberechnung:			
Start		E	$ E / E _{\max}$ (dB)

Tabelle 3 zeigt als Beispiel einen Ausschnitt des HP-97-Ergebnisausdruckes für eine 10-Ebenen-An-

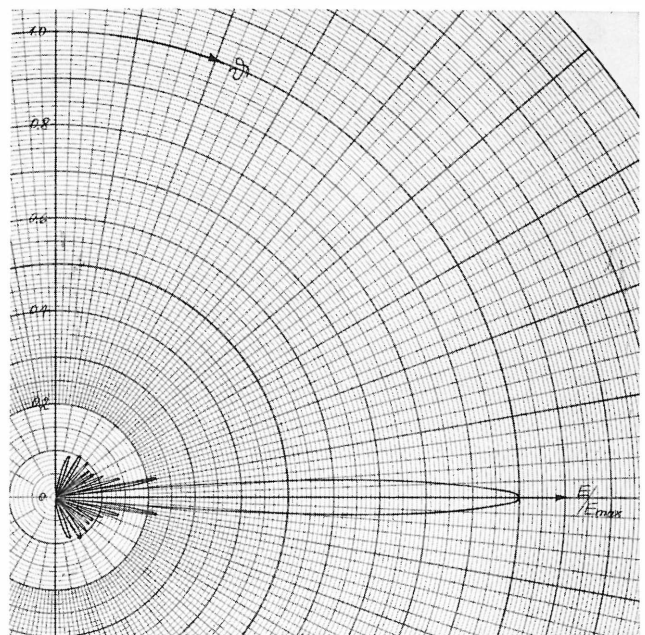


Bild 3

Vertikaldiagramm einer gewinnoptimierten 10-Ebenen-UKW-Sendeantenne aus Einfeldern ohne Absenkung der Hauptstrahlkeule und ohne Nullstellenauffüllung

$$\begin{aligned} n &= 10 \\ a/2 &= 0,25 \lambda \\ b &= 0,88 \lambda \end{aligned}$$

(Aus Symmetriegründen ist nur der Bereich $\vartheta = 0^\circ$ bis 180° dargestellt)

	Alle Antennenebenen gleiche Speiseströme und gleiche Speisephasen		Alle Antennenebenen gleiche Speiseströme Speisephase frei wählbar	
	Programm A (HP 97)	Programm C (HP 85)	Programm B (HP 97)	
Maximale Zahl der Antennenebenen (n)	beliebig	beliebig	14	
Rechenzeit für n = 8 Antennenebenen (in Minuten)	18 (90 Wertepaare)	ges. 6,7	11 (360 Werte)	81 (90 Wertepaare)
Zeit für automatisches Plotten des Diagramms (in Minuten)	entfällt		5,5	entfällt
Zeit für manuelles Zeichnen des Ergebnisses (in Minuten)	etwa 60	entfällt		etwa 60
Zahl der Programmschritte bzw. Speicherplatzbedarf	121 Programmschritte	161 Programmzeilen 8089 Byte	152 Programmschritte	

Tabelle 3
Vergleich der Programme A bis C

tenne, deren Vertikaldiagramm in 1°-Schritten berechnet wurde. Die Rechenzeit für 90 Rechenwerte beträgt dabei etwa **18 Minuten**. Die **Bilder 3 und 4** zeigen das zugehörige, manuell gezeichnete Vertikaldiagramm in den üblichen Darstellungsarten polar und linear. Der manuelle Zeichenaufwand kostet re-

lativ viel Zeit. Mit dem Übergang auf einen einfachen Tischcomputer ist bereits die Möglichkeit gegeben, den Rechengang mit dem automatischen Plotten zu verbinden. Das wird in Abschnitt 6. behandelt.

Bei Nullstellen im Diagramm können sich für den HP 97 verbotene Operationen (Division durch Null, Logarithmus von Null) ergeben. Das Programm wurde so angelegt, daß in diesen Fällen ein Ersatzwert (-100 dB) ausgedruckt wird.

4.2. Programm A (siehe nächste Seite)

5. Berechnung des normierten Vertikaldiagramms einer Antenne aus gestockten Dipolfeldern mit frei wählbarer Phasenspeisung der einzelnen Antennenebenen

Auch dieser Fall wird wieder auf die Bestimmung des Vertikaldiagramms einer vertikalen Dipolzeile mit n Dipolen im Abstand $(a/2)\lambda$ vor einer Reflektorfläche zurückgeführt. Anders als in Abschnitt 4. soll hier jedoch das Gesamtdiagramm als Produkt des Vertikaldiagramms einer Gruppe von n gestockten Punktstrahlern und des Vertikaldiagramms eines einzelnen Dipolfeldes (Dipol mit zugehörigem Reflektor) gebildet werden (bei $\varphi = 90^\circ$):

$$|E(\vartheta)| = |E(\vartheta)_{\text{Dipolfeld}}| \cdot |E(\vartheta)_{\text{Punktstrahlergruppe}}| \quad (8)$$

Die Einzeldipole seien wieder Halbwellendipole. Als Bezugspunkt (Antennenzentrum) wird der Koordinatenursprung gewählt.

Da die Ableitung der Formeln für $E(\vartheta)$ nicht Gegenstand dieses Beitrages sein soll – hierzu wird auf die einschlägige Literatur verwiesen –, werden nur die endgültigen, für die Programmierung verwend-

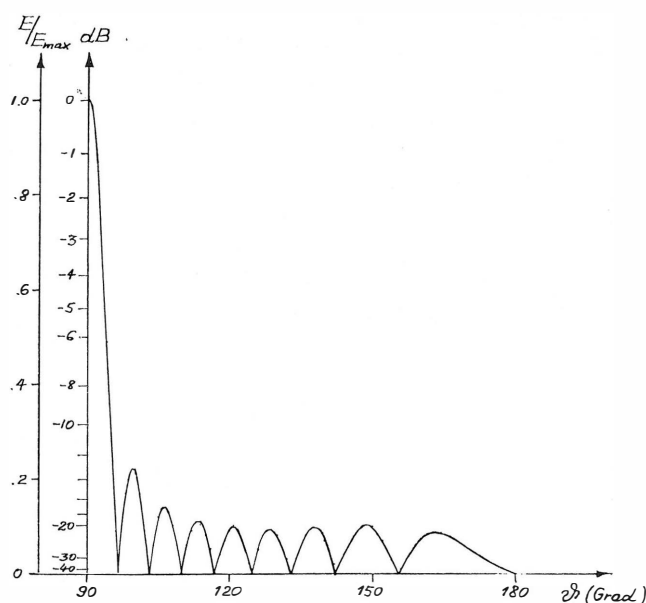


Bild 4
Vertikaldiagramm einer gewinnoptimierten
10-Ebenen-UKW-Sendeantenne aus Einfeldern ohne
Absenkung der Hauptstrahlkeule und ohne Nullstellenauffüllung
n = 10
a/2 = 0,25 λ
b = 0,88 λ

4.2. Programm zur Berechnung des normierten Vertikaldiagramms einer Antenne, bestehend aus n Halbwellendipolen im Abstand $(a/2)\lambda$ vor einer Reflektorfläche
Die Halbwellendipole haben untereinander den Abstand $b \cdot \lambda$ und werden mit Strömen gleicher Amplitude und Phase gespeist

Step	Key	Code	Step	Key	Code	Step	Key	Code	Step	Key	Code
001	*LBLA	21 11 n	035	SIN	41	069	x	-35	103	0	00
002	PRTX	-14	036	RCL2	36 02	070	1	01	104	0	00
003	ST01	35 01	037	x	-35	071	8	08	105	CHS	-22
004	RTN	24	038	1	01	072	0	00	106	PRTX	-14
005	*LBLB	21 12 a	039	8	08	073	x	-35	107	SPC	16-11
006	PRTX	-14	040	0	00	074	RCL1	36 01	108	*LBLc	21 16 13
007	ST02	35 02	041	x	-35	075	x	-35	109	RCL4	36 04
008	RTN	24	042	ENT↑	-21	076	SIN	41	110	ST+0	35-55 00
009	*LBLC	21 13 b	043	9	09	077	ENT↑	-21	111	1	01
010	PRTX	-14	044	0	00	078	RCL7	36 07	112	8	08
011	ST03	35 03	045	+	-55	079	÷	-24	113	0	00
012	RTN	24	046	COS	42	080	ST05	35 05	114	ENT↑	-21
013	*LBLd	21 16 14 d0	047	ENT↑	-21	081	*LBLa	21 16 11	115	RCL0	36 00
014	ST04	35 04	048	RCL9	36 09	082	RCL5	36 05	116	X/Y?	16-34
015	PRTX	-14	049	÷	-24	083	ENT↑	-21	117	RTN	24
016	SPC	16-11	050	RCL1	36 01	084	RCL8	36 08	118	PRTX	-14
017	RTN	24	051	ST05	35 05	085	x	-35	119	GT0E	22 15
018	*LBLD	21 14 0.	052	÷	-24	086	ABS	16 31	120	RTN	24
019	PRTX	-14	053	ST08	35 08	087	PRTX	-14	121	R/S	51
020	ST00	35 00	054	RCL0	36 00	088	ST06	35 06			
021	RTN	24	055	COS	42	089	X=0?	16-43			
022	*LBLE	21 15 Start	056	X=0?	16-43	090	GT0b	22 16 12			
023	RCL2	36 02	057	GT0a	22 16 11	091	LOG	16 32			
024	1	01	058	RCL3	36 03	092	ENT↑	-21			
025	8	08	059	x	-35	093	2	02			
026	0	00	060	1	01	094	0	00			
027	x	-35	061	8	08	095	x	-35			
028	ENT↑	-21	062	0	00	096	PRTX	-14			
029	9	09	063	x	-35	097	SPC	16-11			
030	0	00	064	SIN	41	098	RCL6	36 06			
031	+	-55	065	ST07	35 07	099	X#0?	16-42			
032	COS	42	066	RCL0	36 00	100	GT0c	22 16 13			
033	ST09	35 09	067	COS	42	101	*LBLb	21 16 12			
034	RCL0	36 00	068	RCL3	36 03	102	1	01			

ten Formeln angegeben. Vertikaldiagramm eines Dipolfeldes (Einerfeld mit Halbwellendipol):

$$|E(\vartheta)_{\text{Dipolfeld}}| = k_1 \cdot |2 \cdot \cos(90^\circ + 180^\circ \cdot a \cdot \sin \vartheta)| \quad (9)$$

Vertikaldiagramm der Punktstrahlergruppe:

$$|E(\vartheta)_{\text{Gruppe}}| = k_2 \cdot \sqrt{\left(\sum_{K=1}^n \cos \Phi_K\right)^2 + \left(\sum_{K=1}^n \sin \Phi_K\right)^2} \quad (10)$$

mit

$$\Phi_K = \varphi_K + \left(K - \frac{n+1}{2}\right) \cdot 360^\circ \cdot b \cdot \sin(\vartheta - 90^\circ) \quad (11)$$

Dabei ist

a, b = geometrische Antennenabmessungen
(siehe Bild 1)

K = laufende Nr. der Antennenebene

n = Gesamtzahl der Antennenebenen (mit
Programm B maximal n = 14)

φ_K = relative Speisephase der jeweiligen
Antennenebene

Φ_K = gesamte Phasendifferenz der Wellenlänge
aller K Dipole in einem beliebigen Punkt im
Fernfeld der Antenne.

Die Konstanten k_1 und k_2 fallen bei der Bildung des
normierten Vertikaldiagramms heraus und werden
daher nicht berücksichtigt.

5.1. Programm B

Die den Dipolen eingepprägten Phasenwerte φ_K sollen in Abhängigkeit vom gerade in der Rechnung benutzten K-Wert automatisch und richtig zugeordnet in die Rechnung einbezogen werden. Der HP 97 bietet für die Lösung dieser Aufgabe mit dem sogenannten Indexregister (I-Register) die bequeme Möglichkeit des automatischen „Abarbeitens“ aller K-Werte von K = 14 bis K = 1 über die Tastenfunktion DSZ I (Dekrement I), und zusammen mit der gekoppelten Tastenfunktion (i) den zu jedem K-Wert richtig zugeordneten Abruf der Phasenwerte φ_K über RCL (i).

Die Bestimmung von Φ_K und den Summenwerten

$$\sum_{K=1}^n \cos \Phi_K \quad \text{und} \quad \sum_{K=1}^n \sin \Phi_K$$

muß für alle Dipolebenen durchgeführt werden. Dazu ist im Programm eine entsprechende Schleife eingefügt.

Die schrittweise Erhöhung des Zenitwinkels ϑ wird wie beim Programm A über die Speicherregister-Arithmetik vorgenommen. Nach Abschluß einer Diagrammberechnung ist jedoch das benutzte Speicherregister R_{s7} entweder über die Tastenfolge

P $\geq$ S 16-51

CLRG 16-53

P $\geq$ S 16-51

zu löschen, oder das Rechenprogramm ist nach Aus- und Wiedereinschalten des Rechners über die Magnetkarte erneut einzulesen, um für eine neue Diagrammberechnung bereit zu sein.

Da einige der adressierbaren Speicherregister für den eigentlichen Rechengang benötigt werden, stehen für die Eingabe der Konstanten nicht mehr genügend zur Verfügung. Die Konstanten a und $\Delta\vartheta$ sind in diesem Fall vorgegeben, das heißt fest einprogrammiert. Wird eine Variation dieser Werte gewünscht, so sind nach Einlesen des Programms die entsprechenden Programmspeicher zu ändern.

Die Berechnung des normierten Vertikaldiagramms setzt voraus, daß vorher der Wert von $|E|_{\max}$ in den Sekundärspeicher R_{s5} eingegeben wurde. Zur Bestimmung von $|E|_{\max}$ ist ein gesonderter Rechengang erforderlich. Dabei genügt es in der Praxis, mit einer Schrittweite $\Delta\vartheta = 0,1^\circ$ oder $0,2^\circ$ die Feldstärke $|E|$ nur in einem kleinen Winkelbereich zu bestimmen, in dem die Hauptstrahlrichtung erwartet werden kann. Damit Rechenzeit und Druckerpapier gespart werden, sollten die Flags 0 und 1 gelöscht werden, um die bei dieser Vorabrechnung überflüssige Normierung und dB-Berechnung zu verhindern.

Rechenablauf:

Schritt/Anweisung	Ein- gabe	Tasten	(Drucker-) Anzeige
a) Bestimmung von $ E _{\max}$			
1 Seiten 1 und 2 der Programmkarte einlesen			
2 Für $ E _{\max}$ Flags 0 und 1 löschen	f	CLF	0
	f	CLF	1
3 Konstanteneingabe:			
Ebenenanzahl	n	f A	n
Ebenenabstand b	b	f B	b
Abstand a	a	Änderung der Programmspeicher 092-093	
Schrittweite	$\Delta\vartheta$	Änderung des Programmspeichers 119	
Anfangswinkel	ϑ_0	f C	ϑ_0
Phasenwinkel φ_K der einzelnen Antennenebenen in Grad ($\varphi_1 \triangleq$ oberste Antennenebene)	φ_1 φ_2 ... φ_9 ... φ_{14}	STO 1 STO 2 ... STO 9 f P $\geq$ S STO 0 STO 1 ... STO 4 f P $\geq$ S	
4 Berechne $ E _{\max}$ Start		f D	$ E $
b) Bestimmung von $ E / E _{\max}$			
5 Programmkarte neu einlesen			
6 Flags 0 und 1 setzen	f	STF	0
	0	STF	1

7 Konstanteneingabe

wie Schritt 3 unter a),
zusätzlich:

$|E|_{\max}$ -Wert für
Normierung

f	P	S
	STO	5
f	P	S

8 Berechne $|E|/|E|_{\max}$
Start

f	D	$ E / E _{\max}$ (dB)
---	---	--------------------------

Die **Bilder 5** und **6** zeigen ein mit diesem Programm berechnetes und manuell in den Darstellungsarten polar und linear gezeichnetes Vertikaldiagramm einer 8-Ebenen-UKW-Sendeantenne aus Einerfeldern mit 1° -Absenkung der Hauptstrahlkeule und leichter Auffüllung der Nullstellen. Die Rechenzeit des HP 97 beträgt in diesem Fall etwa 81 Minuten für 90 Rechenwerte. **Bild 7** ist ein Beispiel für die zugehörige Druckerausgabe des HP 97 (Ergebnisausdruck).

5.2. Programm B (siehe nächste Seite)

6. BASIC-Programm zum Berechnen und Plotten der Vertikaldiagramme von UKW-Sendeantennen aus Dipolfeldern

6.1. Allgemeines

Die Leistungsfähigkeit eines einfachen BASIC-Tischcomputers erlaubt es bereits, in einem Arbeitsgang das Vertikaldiagramm zu berechnen und über einen angeschlossenen Graphics Plotter plotten zu lassen. Im vorliegenden Fall standen dafür die IEC-Bus-kompatiblen Geräte HP 85 (BASIC-Tischcom-

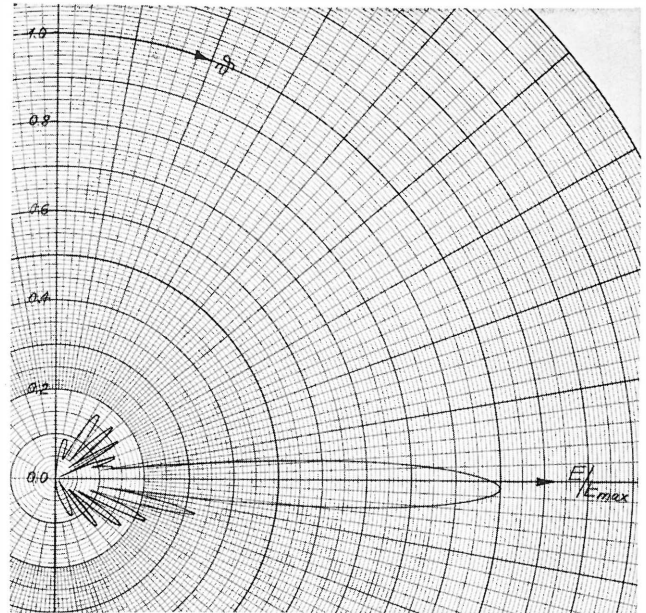


Bild 5

Vertikaldiagramm einer 8-Ebenen-UKW-Sendeantenne aus Einerfeldern mit 1° -Absenkung der Hauptstrahlkeule und leichter Nullstellenauffüllung

$n = 8$
 $a/2 = 0,25 \lambda$
 $b = 0,8 \lambda$

Antennenebenen ungleichphasig gespeist
(oberste Ebene $\varphi_1 = +60^\circ$)

puter) und HP 7225 A (Graphics Plotter) zur Verfügung.

Der HP 85 ist ein Personalcomputer mit eingebautem Bildschirm, Thermodrucker und Magnet-

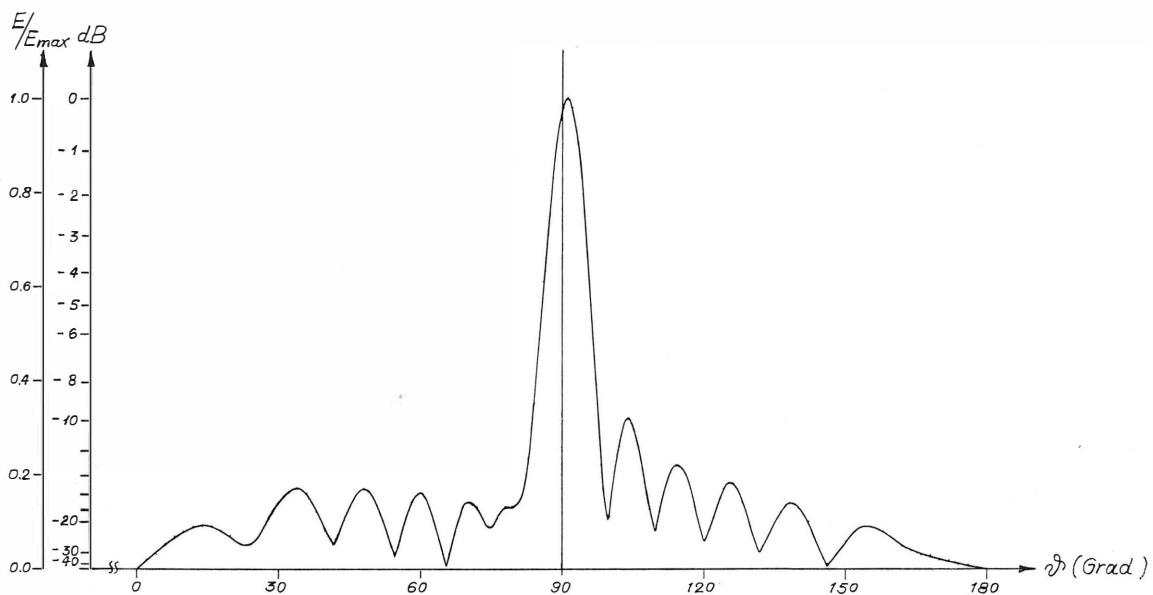


Bild 6

Vertikaldiagramm einer 8-Ebenen-UKW-Sendeantenne aus Einerfeldern mit 1° -Absenkung der Hauptstrahlkeule und leichter Nullstellenauffüllung

$n = 8$
 $a/2 = 0,25 \lambda$
 $b = 0,8 \lambda$

Antennenebenen ungleichphasig gespeist (oberste Ebene $\varphi_1 = +60^\circ$)

SENDER: XYZ
FREQUENZ: 98.0 MHz

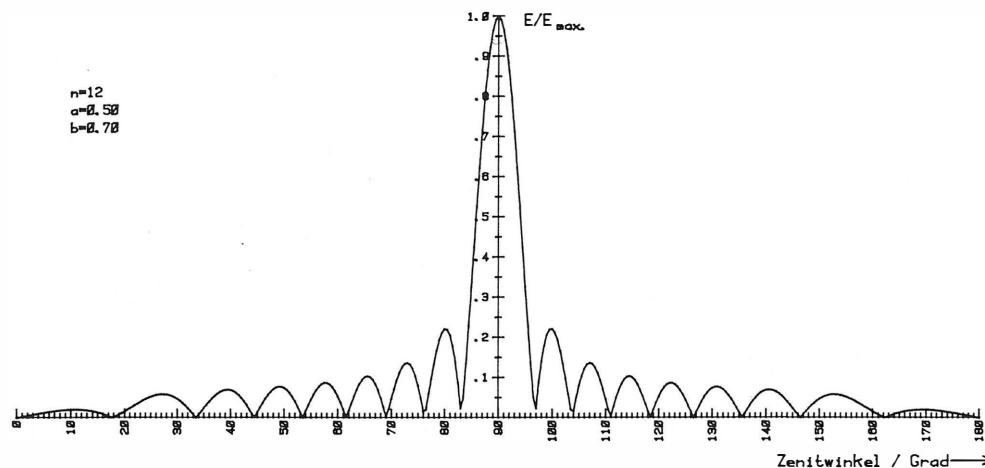


Bild 8

Vertikaldiagramm einer gewinnoptimierten UKW-Sendeantenne aus Dipol-Einerfeldern

SENDER: XYZ
FREQUENZ: 98.0 MHz

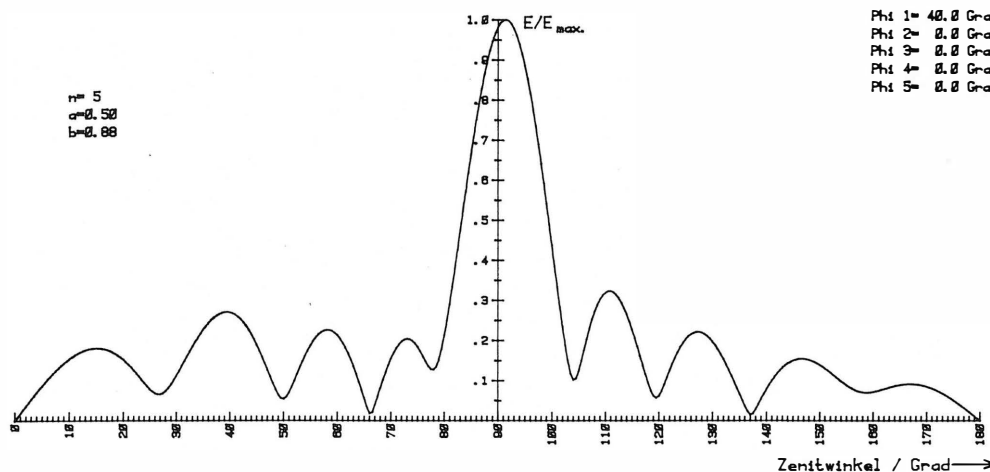


Bild 9

Vertikaldiagramm einer UKW-Sendeantenne (Halbantenne) aus Dipol-Einerfeldern mit Absenkung und Nullstellenauffüllung

$$R_K = \Phi_K = P_K + \left(K - \frac{N+1}{2} \right) \cdot 360^\circ \cdot B \cdot \sin(x - 90^\circ) \quad (11a)$$

ist.

Daß der HP 85 den programmierbaren Taschenrechnern weit überlegen ist, zeigt der geringere Programmieraufwand und die erheblich kürzere Rechenzeit.

Die Bilder 8 bis 10 zeigen Beispiele von mit Programm C berechneten und automatisch geplotteten Vertikaldiagrammen. Dabei handelt es sich bei Bild 8 um das Vertikaldiagramm einer 12-Ebenen-UKW-Sendeantenne ohne Absenkung der Hauptstrahlkeule und ohne Nullstellenauffüllung, während die Bil-

der 9 und 10 die Vertikaldiagramme der oberen Halbantenne und der Gesamtantenne einer 10-Ebenen-UKW-Sendeantenne mit Absenkung der Hauptstrahlkeule und leichter Nullstellenauffüllung zeigen.

6.3. Programm C

```
5 ! PROGRAM C
10 ! FILENAME "A-DIAG"
15 CLEAR
20 ! Berechnung und Plot normie
r-ter Antennendiagramme
30 ! Das Programm beinhaltet di
e Berechnung von:
40 ! 1 Gewinnoptimierte UKW-Sa
ndeantenne mit gleichartiger
Speisung der Antennenebenen
```

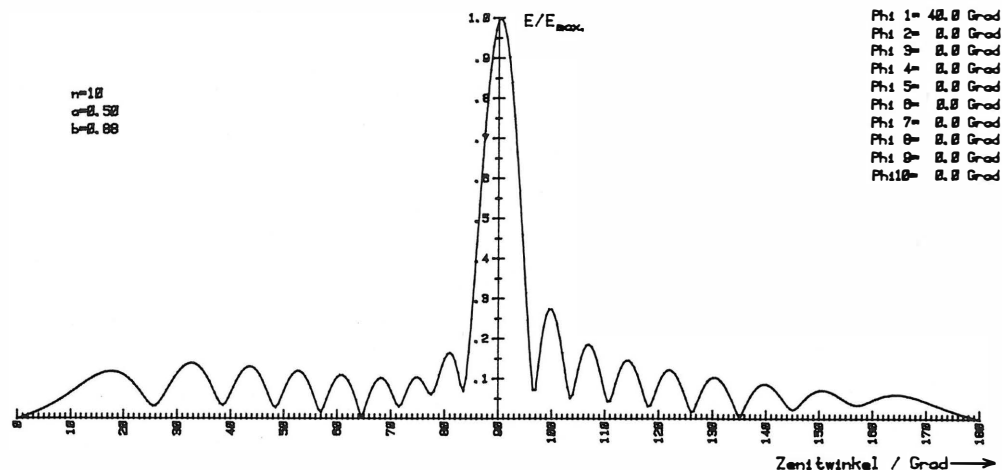
SENDER: XYZ
FREQUENZ: 98.0 MHz

Bild 10

Vertikaldiagramm einer UKW-Sendeantenne aus Dipol-Einerfeldern
mit Absenkung und Nullstellenauffüllung

```

50 1 2 UKW-Sendeantenne mit Absenkung und Nullstellenauffüllung
60 1 3 UKW-Sendeantenne (Halbantenne) mit Absenkung und Nullstellenauffüllung
70 DISP "FÜR DIE BERECHNUNG UND DARSTELLUNG DES ANTENNENDIAGRAMMS WER-"
80 DISP "DEN FOLGENDE ANGABEN BENÖTIGT:" @ DISP
90 DISP "PARAMETER: n,a,b,Phi(1)...Phi(n)"
100 BEEP @ WAIT 6000
110 DIM P(16),E0(360),T1$(63),T2$(100),T3$(40)
120 E0(0)=0
130 E3=0
140 T1$="einer gewinnoptimierten UKW-Sendeantenne aus Dipol-Einerfeldern"
150 T2$="einer UKW-Sendeantenne (Halbantenne) aus Dipol-Einerfeldern"
160 T3$="mit Absenkung und Nullstellenauffüllung"
170 T2$=T2$&T3$
180 DEG
190 PLOTTER IS 705
200 CLEAR
210 DISP "Wähle gewünschtes Diagramm:" @ DISP
220 DISP "1. Antenne ohne Absenkung und Nullstellenauffüllung"
230 DISP "2. Antenne mit Absenkung und Nullstellenauffüllung"
240 DISP "3. Halbantenne mit Absenkung und Nullstellenauffüllung"
250 IMAGE 3/,"EINGABE: 1,2 oder 3"
260 DISP USING 250
270 BEEP @ INPUT D$
280 T$=""
290 IF D$="1" THEN T$=T1$
300 IF D$="2" THEN T$=T2$[1,22]&T3$[37,100]
310 IF D$="3" THEN T$=T3$
320 IF T$="" THEN 250
330 DISP @ DISP "EINGABE: Sender"
340 BEEP @ INPUT S$
350 DISP @ DISP "EINGABE: Frequenz in MHz"
360 BEEP @ INPUT F$
370 CLEAR
380 DISP "EINGABE DER PARAMETER" @ DISP
390 A$="nab"
400 FOR X=1 TO 3
410 DISP "EINGABE:";A$[X,X]
420 BEEP @ INPUT D(X)
430 NEXT X
440 N=D(1) @ A=D(2) @ B=D(3)
450 IF D$="1" THEN 1000 ! DIAGRAMM ZEICHNEN
460 FOR X=1 TO N ! EINGABE PHI-WERTE
470 DISP "EINGABE: Phi";X
480 BEEP @ INPUT P(X)
490 NEXT X
500 GOSUB 1000 ! DIAGRAMM ZEICHNEN
510 ! Berechnung für Diagramm 2+3
520 FOR X=0 TO 180 STEP 5
530 Z=2*X ! ARRAY POSITION
540 E1=ABS(2*COS(90+180*A*SIN(X)))
550 H=0 @ I=0

```

```

560 FOR K=1 TO N ! BERECHNUNG VON N  $\frac{1}{2}(n)$ , n-Ebenen
570 R=P(K)+(K-(N+1)/2)*360*B*SIN(X-90)
580 H=H+COS(R) ! Summe COS(R)
590 I=I+SIN(R) ! Summe SIN(R)
600 NEXT K
610 E2=SQR(H^2+I^2)
620 E0(Z)=E1*E2
630 E3=MAX(E0(Z),E3) ! Suche Max

640 IF E0(Z)=E3 THEN T=X ! Winkel zum Max-Wert
650 NEXT X
660 PRINT "E(MAX.)=";E3
670 PRINT "bei";T;"Grad"
680 FOR W=0 TO 180 STEP 5 ! SCHLEIFE FUER PLOT
690 E=E0(2*W)/E3 ! NORMIERTER EWERT
700 PLOT W,E
710 NEXT W
715 PENUP
720 END
730 ! Berechnung und Plot DIAGRAMM 1
740 FOR X=0 TO 180 STEP .5
750 IF X=90 THEN 850 ! E=1
760 U=ABS(SIN(N*180*B*COS(X)))
770 S=ABS(COS(90+180*A*SIN(X)))
780 IF U=0 OR S=0 THEN 840 ! E=0
790 V=ABS(SIN(180*B*COS(X)))
800 Q=ABS(COS(90+180*A))
810 IF V=0 OR Q=0 THEN 850 ! E=1
820 E=U*S/N/V/Q
830 GOTO 860
840 E=0 @ GOTO 860
850 E=1
860 PLOT X,E
870 NEXT X
880 PENUP
890 END
1000 ! DIAGRAMM PLOTTEN
1010 LIMIT 5,285,0,180
1020 SCALE -20*3/4,260*3/4,-.2,.16
1030 XAXIS 0,0,0,180 ! X-ACHSE MIT TEILUNG
1040 MOVE 0,0
1050 IDRAW 0,02
1060 FOR X=1 TO 180
1070 MOVE X,0
1080 IDRAW 0,01
1090 IF X MOD 10 THEN 1110
1100 IDRAW 0,.01
1110 NEXT X
1120 YAXIS 90,0,0,1 ! Y-ACHSE MIT TEILUNG
1130 FOR Y=.1 TO 1 STEP .1
1140 MOVE 90-.5,Y-.05
1150 IDRAW 1,0
1160 MOVE 90-1,Y
1170 IDRAW 2,0
1180 NEXT Y
1190 FOR Y=.1 TO 1 STEP .1 ! Y-ACHSEN BESCHRIFTUNG
1200 MOVE 88,Y @ LORG 8
1210 CSIZE 2,.7
1220 LABEL USING "D.D" ; Y
1230 NEXT Y
1240 LDIR 90 ! X-ACHSEN BESCHRIFTUNG
1250 FOR X=0 TO 180 STEP 10
1260 MOVE X,-.01
1270 CSIZE 2,.7
1280 LABEL USING "DDZ" ; X
1290 NEXT X
1300 LDIR 0
1310 MOVE 174,-.11 @ CSIZE 3,.6
1320 LABEL "Zenitwinkel / Grad"
1330 MOVE 175,-.11
1340 IDRAW 8,0
1350 DRAW 181,-.1
1360 MOVE 183,-.11
1370 DRAW 181,-.12
1380 MOVE 95,.98 @ CSIZE 3,.6 @ LORG 1 ! Y-ACHSEN BESCHRIFTUNG
1390 LABEL "E/E"
1400 MOVE 101,.97 @ CSIZE 2.5,.6
1410 LABEL "max."
1420 MOVE 90,1.5 @ LORG 4 ! TITEL
1430 CSIZE 4.6,.7,10
1440 LABEL "VERTIKALDIAGRAMM"
1450 MOVE 90,1.44 @ CSIZE 2.5,.6
1460 LABEL T#
1470 MOVE 75,1.26 @ CSIZE 3,.6 @ LORG 1
1480 LABEL "SENDER: ",S#
1490 MOVE 75,1.2
1500 LABEL "FREQUENZ:",F#," MHz"
1510 MOVE 10,.8 @ CSIZE 2.5,.6
1520 LABEL USING "K,DD,3X" ; "n-",N
1530 LABEL USING "K,Z,DD,X" ; "a=",A
1540 LABEL USING "K,Z,DD,X" ; "b=",B
1545 IF D#="1" THEN 1590
1550 MOVE 160,1
1560 FOR L=1 TO N
1570 LABEL USING "K,DD,K,MOD D,K" ; "Phi",L,"=",P(L)," Grad"
1580 NEXT L
1590 PENUP
1600 CLEAR @ BEEP
1610 DISP "BITTE FARBSTIFT WECHSELN und weiter mit <CONT>" @ BEEP
1620 PAUSE
1630 CLEAR
1640 IMAGE 8/.9X,"GERAET RECHNET"
1650 DISP USING 1640
1660 IF D#="1" THEN 740
1670 RETURN

```

SCHRIFTTUM

- [1] Meinke, H.; Gundlach, F. W.: Taschenbuch der Hochfrequenztechnik. Springer-Verlag, Berlin 1962.
- [2] Berndt, W.: Die Sendeantennen für den UKW-Rundfunk. Telefunken-Zeitung 24 (1951), S. 6 bis 21.
- [3] Scheuerecker, F.: Zur Projektierung von VHF-Antennenanlagen, insbesondere FM- und FS-Sendeantennenanlagen. Rohde & Schwarz-Mitt. (1960), Heft 14, S. 362 bis 380.
- [4] Kohler, K.: Eine neue Methode zur weichen Auffüllung von Nullstellen bei Fernsehantennen. Rundfunktech. Mitt. 8 (1964), S. 152 bis 155.
- [5] Scheuerecker, F.: UKW-Rundfunk- und Fernsehantennen (Teil I). Neues von Rohde & Schwarz 7 (1967), Heft 28, S. 37 bis 43.
- [6] Breitzkopf, K.: Die Berechnung von Antennendiagrammen mit Hilfe eines programmierbaren Taschenrechners. Rundfunktech. Mitt. 23 (1979), S. 281 bis 290.
- [7] Breitzkopf, K.: Berechnung und schematisierte Darstellung (simple plotting) von Antennendiagrammen. ntz-Archiv (1980), Heft 9, S. 163 bis 175.
- [8] Stirner, E.: Antennen. Band 1 und 2. Dr. Alfred Hüthig Verlag, Heidelberg 1977 und 1980.
- [9] Rint, C. (Hrsg.): Handbuch für Hochfrequenz- und Elektro-Techniker. Band 4. Dr. Alfred Hüthig Verlag, Heidelberg 1980.
- [10] Hewlett & Packard: User's library solution book „Antennas“. Zubehör zu HP 67/HP 97, Nr. 00097-14021.
- [11] Hewlett & Packard: HP 85 Bedienungs- und Programmierhandbuch einschl. HP 85 Plotter/Printer ROM Handbuch.

ARBEITSPHYSIOLOGISCHE UNTERSUCHUNGEN ÜBER DIE BESTEIGUNG VON SENDEMASTEN

VON RAINER VON KIPARSKI UND WALTER MASSMANN¹

Manuskript eingegangen am 22. Januar 1982

Arbeitsmedizin

Zusammenfassung

Sendemaste müssen für Reparatur- und Wartungsarbeiten bestiegen werden. Eine Betriebsvereinbarung schreibt vor, daß Maststeiger einmal jährlich durch eine ärztliche Vorsorgeuntersuchung zu überwachen sind. Es gibt jedoch weder berufsgenossenschaftliche noch andere Vorschriften, die besagen, welcher Art diese Untersuchungen sein müssen und wie Eignung zum Maststeigen ärztlich zu definieren ist. Auch in der Literatur findet sich nur eine Untersuchung, die aber methodisch mit der vorliegenden nicht vergleichbar ist [1]. Es wurde deshalb experimentell die Beanspruchung des Menschen beim Maststeigen ermittelt, um eine Basis für die Eignungsuntersuchung zu erhalten. Als Beanspruchungsparameter haben wir Herzfrequenz, Atemfrequenz, Elektromyogramm, Hautwiderstand und Hauttemperatur gewählt. Diese Größen wurden während des Maststeigens gemessen und digital gespeichert. Durch Vergleichsuntersuchungen im Labor wurde versucht, die psychische und physische Beanspruchung zu trennen.

Summary Ergo-physiological investigations into the climbing of transmitter masts

Repair and maintenance work make it necessary to climb transmitter masts. An operational regulation prescribes that all persons climbing the masts must submit once a year to a precautionary medical examination. However, there are no regulations, either by professional associations or others, that specify the nature of such examinations and how a suitability for climbing masts should be defined medically. In the specialist literature, too, only one investigation is reported, but that is not methodically comparable with the present investigation [1]. For that reason, the strain to which the human body is submitted when climbing a mast has been determined experimentally, in order to obtain a basis for the investigation of suitability. The parameters for the strain chosen were the heart-beat and respiration rates, electromyogram, skin resistance and skin temperature. Those factors were measured during the climbing of the mast and were stored digitally. By means of comparative investigations in the laboratory, it was endeavoured to separate the psychical and physical strains.

Sommaire Etudes ergonomiques et physiologiques sur l'ascension des pylônes d'émetteurs

Les réparations et la maintenance imposent de monter dans les pylônes d'émetteurs et, selon le règlement du travail, toute personne appelée à cette fonction doit se soumettre annuellement à un examen de médecine préventive. Ni les associations professionnelles, ni les autres organisations ne définissent les examens à pratiquer ou la manière dont l'aptitude à monter aux pylônes peut être déterminée médicalement. Les textes spécialisés ne font état que d'une seule étude dont la méthodologie n'est pas comparable avec celle envisagée ici [1]. C'est pourquoi on a étudié expérimentalement les contraintes qui affectent le corps humain lors de l'ascension d'un pylône, en vue d'obtenir les bases d'une méthode destinée à déterminer l'aptitude à la fonction. Les facteurs pris en considération ont été les rythmes cardiaque et respiratoire, l'électromyogramme, ainsi que la résistance et la température de la peau. Tous ces facteurs ont été enregistrés pendant l'ascension et mis en mémoire sous forme numérique. Des recherches comparatives en laboratoire se sont efforcées d'établir la distinction entre les contraintes psychiques et physiques.

VORWORT VON WOLFGANG KRANK¹

Das Berufsbild des Sendertechnikers ist hinsichtlich der Anforderungen sehr breit gefächert; es verlangt eine fundierte Kenntnis in vielen Fachsparten – angefangen bei den Stromversorgungs- und Stromerzeugungseinrichtungen über die Senderanlagen und senderperipheren Einrichtungen bis hin zu den Antennenanlagen, um nur die wichtigsten Anlagenarten zu nennen. Sendeantennen, ebenso wie auch Ballempfangsantennen für die Modulationszubringung, sind aber zur Programmbestrahlung stets an Mastkonstruktionen unterschiedlichster Bauart installiert. Fernseh- und UKW-Sendeantennen sind immer an Masten, den sogenannten Antennenträgern montiert.

Bei Mittelwellen- und Kurzwellensendeanlagen dagegen sind die Antenne und der Mast zusammen das strahlende Gebilde, der Sendemast. Im Sprachgebrauch des Praktikers wird aber keine Unter-

scheidung nach Frequenzbereichen vorgenommen, sondern der Begriff Sendemast verwendet. Sind nun Reparatur- und Wartungsarbeiten an Antennenanlagen durchzuführen, so kann dies nur vor Ort geschehen, das heißt, der Sendertechniker muß den Mast besteigen. Damit kommt zu den Fachanforderungen hinzu, daß der für derartige Aufgaben eingesetzte Sendertechniker einen sehr guten Gesundheitszustand mitbringen muß, der darüber hinaus einer ständigen ärztlichen Kontrolle unterliegen muß. Betriebsführung, Personalvertretung und Verwaltungsberufsgenossenschaft sehen eine ihrer vornehmsten Aufgaben darin, geeignete Voraussetzungen für diese, dem Schutz der Mitarbeiter dienende Kontrolle zu schaffen.

Deshalb sind in den vergangenen Jahrzehnten regelmäßige ärztliche Untersuchungen auf Masttauglichkeit angeordnet und durchgeführt worden. Gemeinsam mit den Betriebsärzten standen die Verantwortlichen aber immer wieder vor der Frage, wie eine optimale Untersuchungsmethode aussehen soll, vor allem, wie Masthöhe und Mastkonstruktion dabei zu berücksichtigen sind.

¹ Dr. med. Walter Massmann ist Direktor des Instituts für Arbeits- und Sozialhygiene, Karlsruhe; Dipl.-Ing. Rainer von Kiparski ist Leiter der arbeitshygienischen Meßtechnik im gleichen Institut; Dr.-Ing. Dipl.-Ing. Wolfgang Krank ist Leiter der Hauptabteilung Sendertechnik beim Südwestfunk, Baden-Baden.

Im Sendegebiet des Südwestfunks stehen heute etwa 500 Sendemaste mit einer Höhe zwischen 20 und 285 m. Dabei handelt es sich im wesentlichen um Gittertürme, abgespannte Gittermaste, Betonmaste, Betontürme mit entsprechenden Stahlaufsätzen und um Rohrmaste. Durch Anbau von einheitlichen Steigleitern mit Absturzsicherungen wird zwar der Aufstieg weitgehend „normiert“, doch bleibt bei Arbeiten in der Antenne die konstruktive Besonderheit jeder Sendemastart wirksam.

Seit Sendemaste bestiegen werden, gibt es zwei Grundbeanspruchungen, nämlich die *psychische* und die *physische* Belastung.

Die psychische Belastung zu erfassen ist praktisch nicht möglich, da sie sehr subjektiv von den Mitarbeitern empfunden wird. Um dieser Belastungsart weitgehend Rechnung zu tragen, wurde in der Vergangenheit davon ausgegangen, daß das Wichtigste die Bereitschaft des Mitarbeiters zum Steigen ist. Das heißt aber gleichzeitig, daß vom Betrieb kein Mitarbeiter gezwungen werden darf – weder direkt noch indirekt –, einen Mast zu besteigen. Der Mitarbeiter muß das sichere Gefühl haben, daß ihm aus der „Masttauglichkeit“ oder „Mastuntauglichkeit“ weder Vor- noch Nachteile entstehen. Hier hat das

Leben und die Gesundheit des Mitarbeiters absoluten Vorrang.

Wie sich die physische Belastung auswirkt, versuchten die Betriebsärzte durch mehr und mehr verfeinerte Vorsorgeuntersuchungen zu ergründen. Die Untersuchungsmethodik führte aber zeitweise, wenngleich nur punktuell, zu leidenschaftlichen Diskussionen mit den Mitarbeitern. Um dem abzuweichen, standen die Verantwortlichen für die Sendertechnik mit den Ärzten in ständigem Gespräch über die Möglichkeiten, die Untersuchungsmethodik weiterzuentwickeln. Entscheidend war dabei, herauszufinden, wie man die Beanspruchung des Menschen am Mast für diesen Zweck simulieren kann.

Es ist daher mehr als begrüßenswert, daß sich die Ärzte des Instituts für Arbeits- und Sozialhygiene, mit dem der Südwestfunk einen Vertrag zur betriebsärztlichen Fürsorge für die Mitarbeiter geschlossen hat, mit der Problematik der „Masttauglichkeit“ besonders beschäftigt haben. In einem gemeinsam entwickelten Programm wurden systematische Untersuchungen durchgeführt, die nunmehr zu ersten Ergebnissen geführt haben, die für die Praxis im Senderbetrieb große Bedeutung haben. Nachfolgend der Bericht.

1. Methodik

1.1. Versuchsanlage

Ein 135 m hoher Sendemast, dessen Stahlkonstruktion einen Sichtkontakt nach außen gestattet, wurde unter einheitlichen Bedingungen von 11 Personen bestiegen (**Bilder 1 und 2**). Die Steighöhe betrug 99 m. Bei den 11 Versuchspersonen (VP) handelt es sich um erfahrene Maststeiger, die ihre Steiggeschwindigkeit und die Pausen selbst bestimmen (**Tabelle 1**).

Die personenspezifischen Daten der VP finden sich in **Tabelle 2**; das Steiggeschirr, mit dem sich die Personen vor Absturzgefahr sicherten, wog maximal 6 kg. 9 VP bestiegen den für die Versuche ausgewählten Mast zum ersten Mal. Um die rein körperliche Beanspruchung am Mast zu simulieren, wurden einige Tage nach der Mastbesteigung alle 11 VP im Labor mit einem Fahrradergometer 3 × 4 Minuten mit 150 Watt belastet.

1.2. Meßmethode

Die physiologischen Daten wurden bei beiden Versuchen mit einem Digitalen Speicher aufgezeichnet [2]. **Bild 3** zeigt das vereinfachte Blockschaltbild des Digitalen Speichers. Er besteht aus einer Speichereinheit, die von der VP getragen wird, und einer Auswerteeinheit zur Ausgabe der Beanspruchungsprofile. In der Speichereinheit erfolgt die Vorverstärkung, Filterung und Artefaktunterdrückung der aufgenommenen Signale.

Der A/D-Wandler setzt die analogen Werte von Elektromyointegral (EMG), Hautwiderstand (R_H) und -temperatur (T_H), die zyklisch abgetastet werden, in ein 8-Bit-Digitalwort um. Die durch das Elektrokardiogramm (EKG) und die Atmung erzeugten Triggerimpulse für die Berechnung der Herzfrequenz (HF)

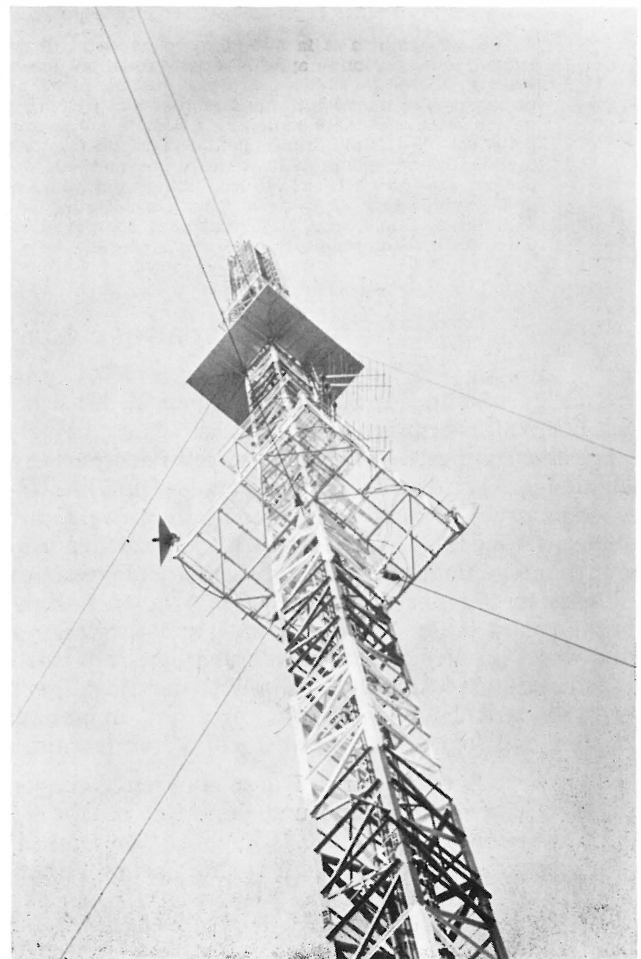


Bild 1
Sendemast
(Weinbiet, Südwestfunk)



Bild 2

Maststeiger mit Steigeschirr und Digitalem Speicher

und Atemfrequenz (AF) können direkt zur Verarbeitung in den Mikroprozessor (μP) übernommen werden. Dieser Mikroprozessor erlaubt neben der Datenreduktion und Speicherorganisation auch eine automatische Überwachung der Elektroden, Aufnehmer und Batterien.

VP	Dauer des Aufstiegs in min	Anzahl der Pausen beim Aufstieg	Dauer des Abstiegs in min	Anzahl der Pausen beim Abstieg
1	15,8	6	4,2	0
2	12,3	4	5,0	0
3	9,0	2	5,1	0
4	8,1	4	4,9	0
5	9,8	3	5,5	1
6	9,4	3	7,8	2
7	6,6	5	3,9	3
8	9,7	7	5,5	3
9	7,5	3	6,0	0
10	7,3	6	4,4	2
11	10,4	6	4,3	0

Tabelle 1

Steigdauer und Pausenanzahl bei der Mastbesteigung

Die digitalisierten Daten werden im Datenspeicher (RAM) abgelegt. Das Programm für den Mikroprozessor befindet sich im Programmspeicher (EPROM) und kann den unterschiedlichen Anforderungen an die Meßwerterfassung angepaßt werden. Mittels eines Testadapters, der in die Speichereinheit gesteckt werden kann, ist während der Messung eine Kontrolle der wichtigsten Gerätefunktionen möglich.

Nach Durchführung der Beanspruchungsmessung wird die Speichereinheit mit dem Auswertegerät verbunden. Ein Zwischenspeicher (RAM) übernimmt die Daten, da die Registrierung im allgemeinen länger als die Datenübergabe dauert. Die Ausgabe der Beanspruchungsprofile erfolgt über einen Mehrkanalschreiber.

Bei der hier durchgeführten Untersuchung hat die Digitale Speicherung gegenüber der Telemetrie den wesentlichen Vorteil, daß sie gegen Störungen durch die hohe Senderfeldstärke weitgehend unempfindlich ist. Auch eine Magnetbandaufzeichnung erschien uns nicht sinnvoll, da die im Handel erhältlichen Geräte bei akzeptablem Gewicht nur maximal zwei

VP	Alter in Jahren	Gewicht in kg	Größe in cm	Vital- kapazität in l	Atem- stoßwert in l	Forcierte Vital- kapazität in l	Raucher/ Zigaretten täglich	Mast- steiger seit wieviel Jahren	Zahl der Mast- besteigungen im Jahr
1	32	80	183	5,3	3,9	5,4	ja/ ≈ 10	2	15
2	43	68	168	3,2	3,1	3,8	nein	13	10
3	26	63	176	4,7	4,1	4,9	ja/ ≈ 20	2	15 bis 20
4	52	79	174	5,1	4,4	5,3	nein	20	2 bis 3
5	45	85	182	4,7	4,0	4,3	nein	21	10
6	56	75	167	3,2	2,2	2,9	ja/ ≈ 40	22	6 bis 8
7	49	66	178	5,4	4,5	5,5	nein	10	100
8	38	100	182	4,9	4,5	4,6	nein	20	15
9	42	89	172	4,1	2,9	4,1	nein	17	5 bis 10
10	42	70	170	3,7	3,7	4,4	nein	15	5 bis 10
11	30	100	184	5,5	4,3	4,7	nein	3	20

Tabelle 2

Personenbezogene Daten des untersuchten Kollektivs

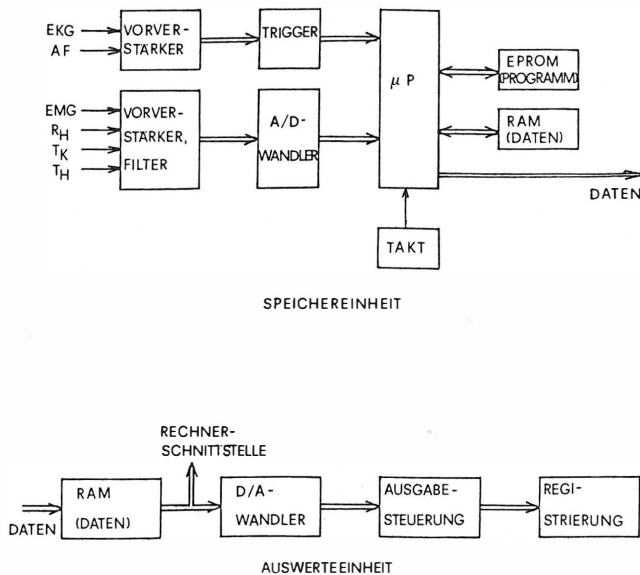


Bild 3

Blockschaltbild des Digitalen Speichers

Parameter gleichzeitig aufzeichnen können und Störungen durch die mechanischen Bauteile relativ häufig auftreten [3].

1.3. Statistik

Die 11 VP wurden durch Zufallsauswahl ermittelt; wie **Tabelle 2** zeigt, ist das Kollektiv bezüglich Altersstruktur, Gewicht und Rauchgewohnheiten relativ inhomogen. Aufgrund des kleinen Kollektivs und der nichtparametrischen Verteilung der Meßwerte werden zur Charakterisierung von Lokation und Dispersion der Median und die Spannweite berechnet. Die Ermittlung signifikanter Unterschiede der Meßergebnisse von Mastbesteigung und Laborversuch erfolgt mit dem U-Test² bei Rangaufteilung nach Wilcoxon, Mann und Whitney (zweiseitige Fragestellung) [4].

In die statistischen Berechnungen werden auch Ausreißer mit einbezogen. Die Medianbestimmung und der U-Test sind wegen der Transformation auf eine Rangskala gegen Ausreißer unempfindlich, nur die Spannweite wird von ihnen beeinflusst, was jedoch für Dispersionsbetrachtungen ein durchaus erwünschter Effekt ist.

2. Ergebnisse

Bild 4 zeigt das Beanspruchungsprofil einer Versuchsperson (VP 1) bei der Mastbesteigung. Dieses Profil wurde ausgewählt, weil es die physiologischen Reaktionen der Mehrzahl der Maststeiger typisch wiedergibt. Auf der Abszisse ist der Zeitmaßstab aufgetragen. Um die Übersichtlichkeit zu erleichtern, wurde die detaillierte Zeitstudie in umfassendere Tätigkeitsmerkmale zusammengefaßt.

Ein starker Anstieg der Herzfrequenz erfolgt beim Beginn des Aufstiegs bis zu 178 min⁻¹, danach wird die erste Pause gemacht. Es folgen weitere Phasen

von Aufstieg und Ruhepausen, die von der VP autonom so eingehalten werden, daß die Herzfrequenz einen individuellen maximalen Wert nicht übersteigt. In einer Höhe von 99 m befindet sich eine Plattform, auf der eine Ruhepause von mehreren Minuten eingehalten wird. Die Herzfrequenz fällt hier exponentiell rasch ab. Beim Abstieg geht die Herzfrequenz in den relativ konstanten Wert von 170 min⁻¹ über.

Pausen werden, wie auch von den meisten anderen VP, beim Abstieg nicht gemacht (**Tabelle 1**). Kürzere Pausen waren bei einigen VP erforderlich, um nach dem jeweils letzten Abstieg eines Versuchstages die Eisklappen zu schließen.

Auf dem Weg zum Senderraum behält die Herzfrequenz noch eine Zeitlang den hohen Wert von 170 min⁻¹ bei und fällt dann, wie auch in der Ruhephase, asymptotisch zur Ruhefrequenz hin ab. Die Atemfrequenz, als zusätzliches Maß für die Kreislaufbeanspruchung, korreliert relativ gut mit der Herzfrequenz. Allerdings besteht bei hohen energetischen Belastungen (> 100 Watt) die Schwierigkeit, daß die VP hier nicht mehr nur durch die Nase atmet. Dieser Artefakt ist deutlich im zeitlichen Verlauf der Atemfrequenz in der 13. und 18. Minute zu erkennen (**Bild 4**). In der Ruhepause nach der Mastbesteigung wurde bei dieser VP der Atemfrequenz-aufnehmer aus technischen Gründen entfernt.

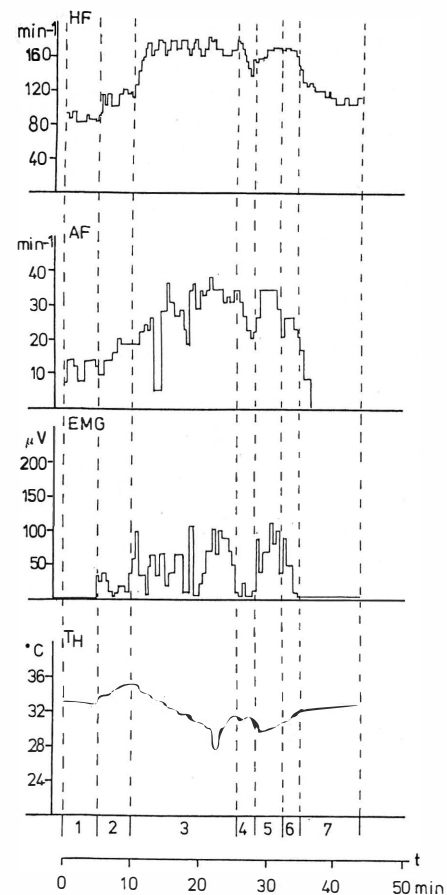


Bild 4

Beanspruchungsprofil der VP1 bei der Mastbesteigung

- | | |
|--------------------|------------------------|
| 1 = Sitzen | 5 = Abstieg |
| 2 = Weg zum Mast | 6 = Weg zum Senderraum |
| 3 = Aufstieg | 7 = Sitzen |
| 4 = Ruhepause oben | |

² U-Test = statistischer Test zum Lokationsvergleich von unabhängigen Stichproben.

Das EMG (im Profil nicht normiert) gibt die Beanspruchung des Oberschenkelbeugemuskels wieder.

Die Hauttemperatur steigt auf dem Weg zum Mast leicht an, um dann kontinuierlich auf einen Tiefstwert von 27,6 °C abzufallen. In der letzten größeren Pause vor Erreichen der oberen Plattform steigt die Hauttemperatur aufgrund des hohen Wärmeumsatzes der VP wieder leicht an. Zu Beginn des Abstiegs ist ein leichter Abfall zu beobachten, der jedoch nur kurz andauert. Danach steigt die Hauttemperatur auf dem Weg zum Senderraum und in der Ruhepause beim Sitzen wieder auf ihren Ausgangswert an.

Berechnet man die rein physikalische Arbeit beim Aufstieg, so ergibt sich ohne Berücksichtigung der Pausen eine mittlere Leistung von etwa 150 Watt.

Um die körperliche Beanspruchung bei der Mastbesteigung mit möglichst geringem Aufwand im Laborversuch zu simulieren, wurde dafür das in **Bild 5** angegebene Belastungskonzept festgelegt [5]. Gezeigt wird das Beanspruchungsprofil der gleichen Versuchsperson (VP 1) beim Laborversuch. Herzfrequenz und Atemfrequenz folgen in ihrem Zeitverhalten unter Beachtung dynamischer Regulationsprozesse streng dem Belastungsmuster. Die muskuläre Beanspruchung ist während der drei Belastungsphasen von 150 Watt etwa gleich.

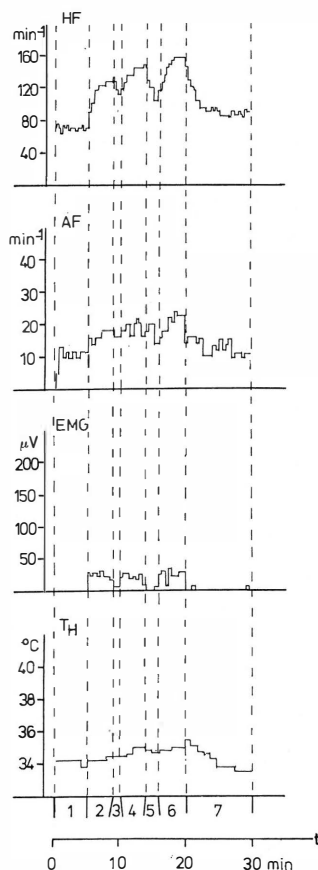


Bild 5

Beanspruchungsprofil der VP 1 beim Laborversuch

- | | |
|--------------------|--------------------|
| 1 = 5 min Ruhe | 5 = 2 min Ruhe |
| 2 = 4 min 150 Watt | 6 = 4 min 150 Watt |
| 3 = 1 min Ruhe | 7 = 10 min Ruhe |
| 4 = 4 min 150 Watt | |

Über die Belastungsdauer ist ein leichter Anstieg der Hauttemperatur zu beobachten, der in der Ruhephase nach Belastungsende auf einen Wert unterhalb der Anfangstemperatur abfällt. Dies ist auf die entstehende Verdunstungskälte nach der Transpiration bei freiem Oberkörper im Laborversuch zurückzuführen.

Tabelle 3 gibt die Versuchsergebnisse für alle VP in Form von Median und Spannweite wieder. Der maximale Arbeitspuls³ liegt am Mast bei 95 min⁻¹ und am Fahrrad bei 92 min⁻¹. Der Unterschied zwischen beiden Werten ist nicht signifikant. Als Maß für die bei körperlicher Beanspruchung eingegangene Sauerstoffschuld wurde die Differenz des Ruhepulses zu Versuchsbeginn und zu Versuchsende berechnet. Auch hier ergibt sich ein nicht signifikanter Unterschied.

Die Differenz zwischen maximaler Atemfrequenz und Ruheatemfrequenz ist am Mast mit 22 min⁻¹ signifikant höher als am Fahrrad mit 16 min⁻¹. Dies führen wir nicht unbedingt auf eine insgesamt stärkere Kreislaufbeanspruchung bei der Mastbesteigung zurück, sondern eher auf die Tatsache, daß die Atemfrequenz sehr schnell auf den Beginn und Abbruch einer Belastung reagiert [6].

Da bei der Mastbesteigung größere Belastungsänderungen durch die häufige Aufeinanderfolge von Pause und Aufstieg auftreten, sind hier wesentlich höhere Spitzenwerte der Atemfrequenz zu erwarten. Die maximale Hauttemperatur ist trotz unterschiedlicher Bekleidung und Umgebungsbedingungen bei der Mastbesteigung und im Laborversuch gleich. Die Hauttemperaturabsenkung beträgt während der Mastbesteigung im Mittel 7 °C, was auf die externen klimatischen Verhältnisse zurückzuführen ist. Beim Elektromyogramm wurde die normierte EMG-Aktivität während der Aufstiegsphase am Mast mit der beim Fahrradergometerversuch gemessenen verglichen. Es ergab sich kein Unterschied.

Infolge der hohen Variabilität des maximalen Hautwiderstandsabfalls konnte auch hier kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen Mastbesteigung und Laborversuch gefunden werden. Nimmt man den mittleren Ruhepuls, so ergibt sich bei der Mastbesteigung ein um 10 min⁻¹ signifikant höherer Wert als im Laborversuch.

Der systolische Blutdruck ist während der Ruhephase zu Versuchsbeginn am Mast um 20 mm Hg höher als im Labor. Allerdings ist dieser Unterschied aufgrund der hohen Spannweite von 65 mm Hg nicht signifikant. Betrachtet man jede Versuchsperson für sich, so ist bei 9 von 11 VP der systolische Blutdruck zu Versuchsbeginn am Mast höher als beim Fahrradergometertest.

3. Diskussion

Wie im Aufbau der **Tabelle 3** bereits berücksichtigt, läßt sich die Beanspruchung beim Besteigen von hohen Masten in eine rein physische Komponente und einen psychischen Anteil aufgliedern. Die körperliche

³ Arbeitspuls = für eine bestimmte Arbeit erforderliche Pulsfrequenz, die sich zum Ruhepuls addiert.

Physische Beanspruchung

	max. Arbeitspuls min ⁻¹		Ruhepuls Vb — Ruhepuls Ve min ⁻¹		AF _{max} — AF _{Ruhe} min ⁻¹		T _{H max} °C		EMG : $\frac{1}{T} \int EAdt$	
	Mast	Fahrrad	Mast	Fahrrad	Mast	Fahrrad	Mast	Fahrrad	Mast	Fahrrad
Median	95	92 (ns)	27	25 (ns)	22	16 (ss)	34,8	34,6 (ns)	0,48	0,51 (ns)
Spannweite	68 – 108	70 – 100	20 – 32	14 – 36	14 – 30	7 – 22	32,8 – 35,2	33,4 – 35,4	0,35 – 0,78	0,39 – 0,68

Psychische Beanspruchung

	$-\frac{d}{dt} R_{H max}$ kΩ			Ruhepuls min ⁻¹		systol. Blutdruck, Ruhe Vb mm Hg		systol. Blutdruck, Ruhe Ve mm Hg	
	Mast	Fahrrad		Mast	Fahrrad	Mast	Fahrrad	Mast	Fahrrad
Median	20	10 (ns)		80	70 (s)	140	120 (ns)	150	135 (ns)
Spannweite	10 – 50	10 – 50		72 – 100	54 – 84	120 – 185	110 – 175	135 – 200	115 – 170

Tabelle 3

Vergleich der Versuchsergebnisse Mastbesteigung — Fahrradergometer

Medianunterschied gemäß U-Test nach Wilcoxon, Mann und Whitney:

ns $\triangleq$ nicht signifikant, $p \geq 0,05$ s $\triangleq$ signifikant, $p < 0,05$ ss $\triangleq$ sehr signifikant, $p < 0,01$

Vb = Versuchsbeginn Ve = Versuchsende EA = Elektrische Aktivität des Muskels

Beanspruchung wird vor allem durch den maximalen Arbeitspuls und die während der Belastung eingegangene Sauerstoffschuld beschrieben.

Sie ist bei beiden Belastungsformen statistisch signifikant gleich hoch. Dies entspricht auch dem subjektiven Urteil der Versuchspersonen, die in der Mehrzahl nach dem Laborversuch angaben, daß die auf dem Fahrradergometer vorgegebene Belastung etwa der bei der Mastbesteigung entspricht.

Es ist daher anzunehmen, daß für die Durchführung von Eignungs- und Überwachungsuntersuchungen von Maststeigern unser im Laborversuch durchgeführtes Belastungskonzept richtig ist.

Betrachtet man die Herzfrequenz als Indikator zur Erfassung kurzfristiger psychischer Beanspruchung [7], so ist aufgrund des signifikant erhöhten Ruhepulses bei der Mastbesteigung die Überlagerung einer emotionalen Komponente mit hoher Wahrscheinlichkeit anzunehmen. Der erhöhte systolische Blutdruck vor der Mastbesteigung konnte zwar nicht statistisch gesichert werden, doch ist auch hier der Einfluß psychischer Beanspruchung vorhanden.

Ein Einfluß von Übungs- und Trainingszustand auf die Beanspruchung bei der Mastbesteigung konnte nicht beobachtet werden. Auch hat die Gewöhnung offensichtlich keinen Einfluß auf die psychische Erregung, denn die VP 7 (Tabelle 2) steigt im Mittel 100mal im Jahr, und auch bei ihr liegt der maximale Arbeitspuls bei 100 min⁻¹ und die Pulsdifferenz zwischen Versuchsbeginn und Versuchsende bei 28 min⁻¹. Ebenso ist bei ihr der Ruhepuls am Mast höher als im Labor. Gleiches gilt für den systolischen Blutdruck.

4. Schlußfolgerungen

Da Mastbesteigungen niemals über 8 Stunden andauern, stellen sie eine mittlere bis schwere Arbeit dar, die eher mit einer kurzzeitigen sportlichen Leistung verglichen werden kann. Die physische Beanspruchung beim Maststeigen setzt völlig gesunde Kreislauf- und Lungenfunktionen voraus. Daher wird bei der Eignungsuntersuchung am Fahrradergometer 3 × 4 min mit 150 Watt bei Pausen von 1 bzw. 2 min belastet. Dabei ist ein EKG aufzuzeichnen und die Erholungszeit nach der Belastung zu berücksichtigen. Darüber hinaus muß eine Lungenfunktionsprüfung durchgeführt werden.

Die Erholungszeit zwischen zwei Mastbesteigungen liegt nach unseren Untersuchungen zwischen 42 und 70 min mit einem Median von 52 min. Daher schlagen wir etwa 1 Stunde Pause zwischen zwei Mastbesteigungen vor. Daraus ergibt sich, daß bei routinierten Maststeigern maximal zwei Besteigungen vormittags und zwei Besteigungen nachmittags vom arbeitsmedizinischen Standpunkt als zulässig erachtet werden können.

Dies gilt natürlich nur für eine Steighöhe von etwa 100 m. Bei höheren oder niedrigeren Masten können diese Empfehlungen unserer Auffassung nach linear extrapoliert werden.

Wegen der Transportfunktionen des Hämoglobins für Sauerstoff darf keine Blutarmut vorliegen. Außerdem muß der Bewegungsapparat uneingeschränkt funktionsfähig sein. Beim Arbeiten in der Höhe muß Schwindelfreiheit gesichert sein. Ein (seltener) organischer Schwindel kann bei Innenohrkrankungen

auftreten und wird durch entsprechende Funktionsprüfungen bei der ärztlichen Untersuchung erkannt.

Ein Hörschwindel ist psychisch bedingt und muß erfragt werden. So sollte eine Mastbesteigung stets freiwillig erfolgen, und der Maststeiger muß jederzeit ein Rücktrittsrecht haben. Solange die genannten körperlichen Funktionen in Ordnung sind, gibt es keine Altersgrenze für Maststeiger. Auch der ältere Arbeitnehmer kann, wenn er dazu bereit ist, noch maststeigen.

SCHRIFTTUM

- [1] Konietzko, H.; Elster, I.: Leistungsbeurteilung durch telemetrische Messung des Atemminutenvolumens, der Sauerstoffaufnahme und der Herzfrequenz. *Acta Mediotecnica* 24 (1976), S. 50 bis 52.
- [2] v. Kiparski, R.; Massmann, W.: Die Digitale Speicherung als neues Verfahren zur Aufzeichnung von Beanspruchungsprofilen am Arbeitsplatz. *Z. Arb.wiss.* 36 (1982), Heft 2.
- [3] v. Kiparski, R.: Drahtlose Erfassung physiologischer Daten am Menschen. *Techn. Med.* 9 (1979), S. 35 bis 38.
- [4] Walter, W.: Über einige nichtparametrische Testverfahren. *Mitteilungsbl. Mathem. Statist.* 3 (1951), S. 31 bis 44 und S. 73 bis 92.
- [5] Lange-Andersen, K.; Shephard, R. J.; Denolin, H.; Varnaukas, E.; Masironi, R.: *Fundamentals of exercise testing*. WHO, Geneva 1971.
- [6] Pearce, D. H.; Milhorn, H. T.: Dynamic and steady state respiratory responses to bicycle exercise. *J. app. Physiol.* 42 (1977), S. 959 bis 967.
- [7] Klimmer, F.; Rutenfranz, J.; Rohmert, W.: Untersuchungen über physiologische und biochemische Indikatoren zur Differenzierung zwischen mentaler und emotionaler Beanspruchung bei psychischen Leistungen. *Int. Arch. Occup. Environ. Health* 44 (1979), S. 149 bis 163.

EXPERTENTAGUNG DER OIRT ZUM THEMA „ANWENDUNG DER MIKROPROZESSOREN IN RUNDFUNK UND FERNSEHEN“

BRATISLAVA, 3. BIS 5. NOVEMBER 1981

Die Studiengruppe VI der Technischen Kommission der OIRT hielt vom 3. bis 5. November 1981 in Bratislava (CSSR) eine Expertentagung ab. Die Studiengruppe, die sich allgemein mit der Einführung neuer Techniken in Rundfunk und Fernsehen befaßt, hatte dieses Mal die Anwendung von Mikroprozessoren zum Thema gewählt. Gastgeber war das Slowakische Fernsehen, das als regionaler Sender innerhalb der CSSR in Bratislava ansässig ist. Teilnehmer waren insgesamt 38 Experten aus den OIRT-Ländern sowie ein geladener Beobachter der UER.

Es lagen insgesamt 18 Beiträge vor, die meisten wurden als Vorträge präsentiert, die simultan in die drei offiziellen Tagungssprachen Russisch, Slowakisch und Deutsch übersetzt wurden. Einige Beiträge erschienen nur in schriftlicher Form in den zu Beginn verteilten Tagungsbänden.

Betrachtet man die Zahl der Beiträge der beteiligten Länder, so erhält man den Eindruck, daß das Interesse an Automatisierungsprojekten im Rundfunk sehr unterschiedlich ist. Sechs Beiträge kamen aus der CSSR, je vier aus der DDR und Polen, zwei aus Bulgarien, einer aus Ungarn und lediglich eine schriftliche Mitteilung aus der UdSSR.

Nicht alle Beiträge beschäftigten sich jedoch mit Projekten, die tatsächlich realisiert wurden oder werden, sondern stellten theoretische Überlegungen für vorhandene Automationsprobleme dar. Dies hängt vermutlich auch mit der momentanen Situation der Verbreitung von Mikroprozessorchips zusammen. Offenbar stellt nur die DDR im „Kombinat Mikroelektronik“ einen Mikroprozessor eigener Produktion her, und zwar den Typ U 880, der zum INTEL 8080 kompatibel ist. Im „Kombinat Robotron“ werden daraus OEM-Rechnerbaugruppen (Typ K1520) gefertigt. Die anderen OIRT-Länder sind weitgehend auf Importe aus dem Westen angewiesen, die allerdings von westlichen Embargomaßnahmen behindert werden. Die meisten Überlegungen und Realisierungen beruhen aber ebenfalls auf 8080-Basis. Aus keinem Hinweis war jedoch zu entnehmen, welcher Typ von Mikroprozessor in der Sowjetunion verwendet wird.

Es würde zu weit führen, an dieser Stelle auf sämtliche Beiträge der Tagung einzugehen. Deshalb im Folgenden nur eine unvollständige Auswahl der Themen und Inhalte:

1. Problemkreis Sendeabwicklung

Karel Vambra (CSSR) stellte vorwiegend theoretische Überlegungen an zum Zusammenhang zwischen der Programmplanung und der Automatisierung der Sendeabwicklung und erläuterte Ideen, wie inhaltsbezogene Banddaten in den User-bits des (SMPTE-)Zeitcodes eingebracht werden sollten.

Vaclav Eremias (CSSR) erläuterte den Systementwurf für eine automatische Sendeabwicklung im Hörfunk und die geplante Realisierung von Hardware und Software mit Hilfe eines MCS-80-KIT.

Auch in der ohne Verfasseramen herausgegebenen „Mitteilung der Verwaltung der UdSSR“ ist von der automatisierten Programmabwicklung die Rede; sie scheint in der Lage zu sein, den Ablauf von vier Rundfunkprogrammen nach vorgegebenem Tagesplan zu unterstützen.

2. Übertragungstrassensteuerung

Milan Neset (CSSR) berichtete von der Installation eines Rechners NCR 8250 in der OIRT-Zentrale Prag; über Terminals in allen Mitgliedsländern ist ein Zugriff zur Disposition der Übertragungstrassen möglich.

Jiri Berner von der OIRT (CSSR) ergänzte diesen Beitrag und berichtete von der geplanten Erweiterung der Peripheriestationen des NCR-Rechners um intelligente Komponenten, die Verzweigungen der einzelnen Datenverbindungen auf Unterstationen ermöglichen, aber auch für verschiedene Aufgaben vor Ort eingesetzt werden können.

3. Tonkreuzschienensteuerung

Günter Kraft (DDR) stellte das zur Zeit in der Entwicklung befindliche System PROKS (**PRO**zessor-gesteuertes **K**ommutierungs-System) vor; die Schaltbefehle werden hierbei im Dialogverkehr mit dem Rechner über eine alphanumerische und eine Funktionstastatur eingegeben. Das System ist für den Betriebseinsatz bei der Studientechnik Fernsehen der Deutschen Post vorgesehen.

Hajni Istvan (Ungarn) erläuterte Konzept und Versuchsbetrieb einer ebenfalls mikrorechnergesteuerten Tonkreuzschiene; verwendet werden drei Prozessoren, ein Master-Prozessor und je ein Prozessor für eine Kalenderuhr und die Kontrolle einer Floppy-Disc. Das Setzen der Matrixpunkte ist auf drei Arten programmierbar: zeitprogrammiert, handausgelöst oder nach Vorbereitung handausgelöst. Diagnoseroutinen erleichtern den Service am Gerät.

4. MAZ-Schnittsysteme

Ebenfalls Maßnahmen zur Fehlerdiagnose enthält die Software des von H. Randszus (DDR) vorgestellten automatischen Schnittsystems für bis zu drei MAZ-Anlagen und vier Bild-/Tonsignalquellen. Um mehr als ein Sendeband erster Generation zu erhalten, können bis zu drei der Maschinen als Master im Aufzeichnungsbetrieb arbeiten.

Auch in der bereits erwähnten Mitteilung der Sowjetunion wird von einem Schnittsystem namens SAEM berichtet, das mit drei MAZ-Anlagen „Kadr-5“ (sowjetischer Produktion) arbeitet. Der eingebaute Mikrorechner erlaubt verschiedene Simulationsarten und Schnittbetrieb.

5. Tonmischpulte

Zwei Beiträge aus Polen (von Danuta Kempa bzw. Andrzej Balczyk) befaßten sich mit der Anwendung der Digitaltechnik in Tonmischpulten. Es wurden das Einspeichern, Modifizieren und Abrufen von Pegelstellereinstellungen in einem Rechner sowie die dazu gehörenden Stellglieder betrachtet. Ziel ist die Entwicklung eines fernsteuerbaren und automatisch von einem Rechner kontrollierbaren elektronischen Mischpults.

6. Elektronische Zeichengenerierung

Todor Strasmirov (Bulgarien) stellte die elektronische Erzeugung einer analogen Zeigeruhr auf dem Bildschirm mit Hilfe eines Mikrocomputers vor.

7. Softwareentwicklung

Die Wichtigkeit rationeller Entwicklungsmethoden bei Hardware und Software war Gegenstand eines Beitrages von Norbert Schultze und M. Winter (DDR). Eine „softwaregerechte“ Methodik wurde an Beispielen erläutert.

Jürgen Seifert (DDR) gab einen Überblick über Stand und Perspektiven der Entwicklung und Anwendung der Mikrorechnertechnik in Rundfunk und Fernsehen der DDR, insbesondere über dabei verwendete Prozessorsysteme und Softwarekonzepte. Es wurde deutlich, daß bei Mikrocomputern im Moment noch die Programmierung in Assembler vorherrscht; für die Zukunft sollen aber auch höhere Programmiersprachen verwendet werden. Ferner ist die Verwendung von 16- und 32-Bit-Prozessoren eigener Fertigung mit erweitertem Adressierungsbereich in Sicht.

Im Laufe einer Diskussionsveranstaltung wurde unter anderem die Frage nach geeigneten Fernwirkssystemen für den Studiobetrieb sowie die Notwendigkeit einer Standardisierung behandelt. In der DDR wird bereits ein serielles Datenübertragungssystem mit der Bezeichnung URSATRON 5000 verwendet, das Mikrocomputer-Komponenten vom Typ 1520 und als Übertragungsleitung Koaxkabel benützt.

Am Schluß der Tagung wurde die Gelegenheit geboten, das im Bau befindliche neue Gebäude des Slowakischen Rundfunks zu besichtigen, das durch seine eigenwillige Architektur wohl einmalig ist: Es hat die Form einer auf der Spitze stehenden Pyramide.

Karl-Heinz Trißl

Institut für Rundfunktechnik, München

BERICHT ÜBER DIE HDTV-DEMONSTRATIONEN DER RUNDfunkORGANISATIONEN NHK UND CBS

NEW YORK, 10. FEBRUAR 1982

Die ersten Untersuchungen zur Entwicklung eines neuen Fernsehsystems höherer Auflösung liegen bei der japanischen Rundfunkorganisation NHK bereits 12 Jahre zurück: 1970 wurden die NHK Technical Research Laboratories damit beauftragt, die notwendigen physiologischen Studien durchzuführen und darauf basierend mit der Entwicklung von Gerätekomponenten zu beginnen. Im Jahr 1978 war diese Entwicklung soweit vorangekommen, daß man daran denken konnte, ein funktionsfähiges HDTV-(High-Definition-Television-)System aus Kamera, Filmabtaster und verschiedenen Übertragungs- und Wiedergabeeinrichtungen zusammenzustellen. In der Zwischenzeit wurde auch die japanische Industrie (Ikegami, Panasonic, Sony) eingeschaltet, die mit eigenen Beiträgen die Gerätepalette erweiterte und ergänzte, letzteres vor allem hinsichtlich der Aufzeichnung von HDTV-Signalen.

In Zusammenarbeit mit der CBS haben die beteiligten Organisationen und Firmen auf drei gleichartigen Veranstaltungen in Los Angeles, New York und Washington den erreichten Stand demonstriert. Das gestellte Ziel war die Kombination eines erheblich schärferen und in der Farbwiedergabe verbesserten Fernsehbildes mit einem dem Erfassungswinkel des menschlichen Auges besser angepaßten Seitenverhältnis und mit einer Stereotonwiedergabe. Als Grundlage diente der NHK-Vorschlag: 1125 Zeilen/60 Halbbilder pro Sekunde mit einem Seitenverhältnis von 5:3. Die Zahl der übertragenen Bildpunkte beträgt das 5fache des konventionellen 525-Zeilen-Fernsehsystems. (Im Vergleich zum 625-Zeilen-Fernsehsystem würde sich der Faktor 3,5 ergeben.) Die damit erreichbare Bildqualität ist vergleichbar mit der eines 24 x 36-mm-Dias und besser als die des 35-mm-Films – eine DIN-A 4-Seite mit 3 mm großen Schriftzeichen läßt sich problemlos ohne Informationsverlust übertragen. Als mögliche Betrachtungsentfernung wird 2,8 bis 3 mal Bildhöhe angegeben; damit ist in der Vertikalen der zweifache, in der Horizontalen der 2,5fache (rund 30°) Betrachtungswinkel eines üblichen Bildschirms vorhanden – die „Distanz“ zum Zuschauer ist nicht nur im geometrischen Sinn kleiner geworden, man fühlt sich auch stärker in das Geschehen einbezogen.

Von den bei der Demonstration gezeigten und verwendeten Geräten seien erwähnt:

- HD-Kameras der Firmen Ikegami und Sony, letztere mit 3 x 1"-Satikon-Röhren, einer Empfindlichkeit von 2200 Lux bei $f:4$ und einer Auflösung von 950 Zeilen.
- HD-Laser-Abtaster für 70-mm-Film, eine NHK-Entwicklung. Das Gerät besitzt für die Horizontalablenkung und für den Ausgleich des kontinuierlichen Filmtransports Spiegelräder; die Vertikalablenkung der Laserstrahlen besorgt ein Schwingsspiegel.
- Eine ähnliche Abtastmechanik verwendet die Laser-Filmaufzeichnung für 35-mm-Film (NHK); die Strahlmodulation erfolgt elektrooptisch. Die große Helligkeit und der geringe Fleckdurchmesser des Laserstrahls erlauben die Verwendung von niedrigempfindlichen, feinkörnigen Farbfilmmaterialien, so daß das Endprodukt eine bessere Qualität als die herkömmlicher Filmproduktionen aufweist.
- HD-VTR, eine Weiterentwicklung eines C-Format-Recorders durch die Firma Sony. Die Aufzeichnung erfolgt analog frequenzmoduliert. Luminanz- und

Chrominanzsignale werden uncodiert auf zwei Spuren mit Bandbreiten von 22 MHz und 10 MHz getrennt aufgezeichnet. Die Bandgeschwindigkeit beträgt 48 cm/s; die maximale Spielzeit ist mit 48 min entsprechend kurz.

- Laseroptisches Verteilsystem für die Verbindung von einer zentralen Empfangsstelle zum Teilnehmer mittels Glasfaser. Bei einer Bandbreite von 100 bis 500 MHz wird das z. B. vom Satelliten empfangene und in das UHF-Band umgesetzte Signal frequenzmoduliert über Strecken bis zu 5 km übertragen.
- 38-GHz-Linkstrecke für Außenübertragung von HDTV-Signalen bis zu 30 MHz Bandbreite, die mit einem Hub von 50 MHz_{ss} frequenzmoduliert bei einer ZF-Bandbreite von 110 MHz und mit einer Ausgangsleistung von 0,4 W gesendet werden. Mit 40-cm-Spiegeln war über eine Entfernung von 8 km der Empfang bis zu einer Regenmenge von 5 mm/Stunde sehr gut. Die beiden Tonkanäle werden im Zeitmultiplex in der horizontalen Austastlücke übertragen.
- Heimempfänger, ausgerüstet mit 60-cm- und 70-cm-Shadowmask-Röhren (Panasonic) und mit 50-cm-Trinitron-Röhre (Sony). Der Loch- bzw. Gitterabstand entspricht mit 0,3 bis 0,35 mm dem moderner High-resolution-Bildröhren.
- Heimprojektionsempfänger (Panasonic) unter Verwendung von 7"-RGB-Projektionsröhren mit einer nutzbaren Schirmdiagonale von 140 cm und 160 cm.
- Professioneller Projektionsempfänger (Sony) mit 9"-RGB-Projektionsröhren und einer Schirmdiagonale von 230 cm.

Als Übertragungsverfahren wurden drei Möglichkeiten angesprochen:

- a) getrennte Übertragung von Luminanz- und Chrominanzkomponenten (letztere zeilensequentiell) über zwei FM-Kanäle. Diese Form scheint die für Satellitenkanäle vom Energie- und Bandbreitenbedarf her günstigste zu sein (Y-C Separate Transmission);
- b) zeitkomprimierte Zeitmultiplexübertragung im Basisband, wobei die beiden Chrominanzsignale entweder zeilensequentiell abwechselnd oder bei entsprechend höherer Kompression in jeder Zeile nacheinander mit dem Luminanzsignal verschachtelt werden (Time Compressed Integration(TCI)-System);
- c) Übertragung als PAL-Signal mit 19 MHz Luminanzbandbreite und einem Farbträger bei 24,3 MHz, also außerhalb des Luminanzbereichs. Übersprecheffekte zwischen den beiden Chrominanzsignalen mit 7 MHz und 5,5 MHz Bandbreite und dem Luminanzsignal sind so (verglichen mit einer „Im-Band“-Übertragung) wesentlich verringert (Half-Line-Offset-(HLO)-PAL-System).

Das einzige realistische Medium für die direkte Ausstrahlung von HDTV-Programmen ist der Satellit. Dabei sind von den durch die WARC 1979 den Regionen 2 und 3 zugewiesenen Frequenzbändern nur das 12-GHz- und das 22-GHz-Band in der Diskussion. Während man in Japan – das im übrigen schon 1978 HDTV-Versuchssendungen über den Satelliten YURI durchgeführt hat – auf das höherfrequente Band angewiesen ist, da die der Region 3 angehörenden Nationen im 12-GHz-Bereich nur

konventionelles Fernsehen wünschen, hat die CBS bei der FCC den Antrag auf eine (im Idealfall ausschließliche) Verwendung des 12-GHz-Bereichs für die HDTV-Übertragung gestellt, da das 22-GHz-Band wegen der Größe der zu versorgenden Flächen eine auf lange Sicht technisch nicht verfügbare Sendeleistung im Satelliten voraussetzt.

Das amerikanische Vorhaben geht im endgültigen Ausbau von vier (entsprechend den vier Zeitzonen der USA) Satelliten aus, die von einem gemeinsamen, in der Nähe von Los Angeles gelegenen „Satellite Broadcast Center“ versorgt werden. Drei HDTV-Dienste sollen angeboten werden:

1. Ein Basisprogramm, das von lokalen Fernsehstationen empfangen, mit regionalen Beiträgen ergänzt und terrestrisch (z. B. über Glasfaser) weiterverbreitet wird. Dieses Programm wird durch Werbeeinnahmen finanziert; sein Empfang – mit entsprechenden Einrichtungen auch direkt vom Satelliten – steht jedermann frei.
2. Ein Ergänzungsprogramm mit Unterhaltung, kulturellen, religiösen, sportlichen und gesellschaftlichen Ereignissen, Nachrichten und Informationen, das verschlüsselt gesendet wird und dem Kunden nach dem Prinzip „zähle und sehe“ zugänglich ist.
3. Der letzte Dienst soll, ebenfalls verschlüsselt, spezielle Informationen an zahlende Abonnenten aus Industrie, Wirtschaft, freien Berufen und örtlichen Organisationen übermitteln, eingeschlossen die Übertragung von Filmprogrammen zu Kinos. Die Verantwortung für alle Dienste legt bei der CBS.

Unwillkürlich sucht man nach dem Grund für diese Initiative und Aktivität der CBS. Eine Antwort hat J. A. Flaherty, Vice President CBS Engineering and Development, gegeben, der dem Sinn nach sagte: „Es ist eine Überlebensfrage! Wenn wir nicht heute die Grundlagen für zukünftige Dienste schaffen, dann werden uns andere den Rang ablaufen und der Rundfunk wird eines Tages mit seiner Jahrzehnte alten Technik und seinen überkommenen und verbrauchten Methoden nur noch als verstaubte Antiquität wahrgenommen. Das aber kann sich ein kommerziell ausgerichtetes Unternehmen nicht leisten.“

Planung und Ausführung eines solch umfangreichen Systems – das sicherlich weit über das hinausgeht, was in Europa sinnvoll ist – setzt natürlich die Akzeptanz seitens des Publikums voraus. Eine im Auftrag der CBS durchgeführte Marktanalyse kommt hier zu sehr positiven Ergebnissen: Aus den Erfahrungen der vergangenen Jahre läßt sich abschätzen, daß die jährlichen finanziellen Aufwendungen des amerikanischen Durchschnittshaushalts für audiovisuelle Einrichtungen sich bis 1990 mehr als verdoppeln werden. Auf der anderen Seite

würde der Anreiz durch ein steigendes Angebot an HDTV-Videocassetten und -Videoplaten und durch öffentliche, mit HDTV-Programmen versorgte Filmtheater stehen. Man erwartet so – ähnlich wie bei der Einführung des Farbfernsehens in den fünfziger Jahren – ein erst langsames, dann jedoch rasch ansteigendes Interesse, das mit einem Absinken der HDTV-Gerätepreise einhergeht (1990 soll der Preis eines HDTV-Empfängers nur mehr knapp über, im Jahr 2000 unter dem heutigen Preis eines Normalempfängers liegen). Die Marktanalyse kommt zu dem Schluß, daß HDTV eine bedeutende Rolle im Unterhaltungs- und Informationsangebot spielen wird.

Die Versorgung der Bevölkerung mit HDTV-Qualität ist allerdings nicht das einzige Pferd, auf das in den Vereinigten Staaten bei der Einführung eine solchen Systems gesetzt wird. Das zweite Ziel ist die Filmproduktion, wo das Bestreben sichtbar wird, das beschichtete Zelluloid nurmehr als Speichermedium zu betrachten, es aber als Produktionsmittel zu vergessen. Die Vorteile der elektronischen Produktion zusammen mit der dem HDTV-System inhärenten, dem Film selbst überlegenen Bildqualität sollen genutzt werden. Fachleute sprechen von möglichen Kosteneinsparungen von 20 %, andere halten das allerdings für sehr optimistisch. Wie dem auch sei, die Qualität der anlässlich der Demonstration gezeigten, aus Fr. F. Coppola's Zoetrope Filmstudios und von Außenaufnahmen der G. A. Larson Prod. stammenden ersten elektronischen HDTV-Produktionen war überzeugend.

Dieser Bericht wäre nicht vollständig, wenn nicht wenigstens zum Schluß versucht würde, den wenn auch subjektiv gefärbten Gesamteindruck zu beschreiben, den die Demonstrationen auf den Berichtler machten. Das läßt sich mit wenigen Sätzen tun: HDTV steht und fällt mit der großflächigen Wiedergabe. Selbst der größte verfügbare Bildröhrenschirm, der einen optimalen Betrachtungsabstand von 1 m voraussetzt, vermittelt dem Betrachter trotz des großen Detailreichtums und der hohen Bildqualität nur eine unbefriedigende Darstellung. Offensichtlich empfindet es das Auge günstiger, wenn es bei der Präsentation einer solchen Übermenge an visueller Information auf eine mittlere Entfernung von einigen Metern akkommodieren kann. So bleibt bei heutiger Technik lediglich das Projektionsgerät, von dem man neben räumlich kleinen Abmessungen und der Integrierbarkeit in den Durchschnittswohnraum die höchstmögliche Wiedergabequalität verlangen muß. Von allen gezeigten Geräten konnte eine solche Qualität nur der eingangs erwähnte professionelle Projektionsempfänger bieten. Mit ihm allerdings war das Ergebnis faszinierend.

Werner Habermann
Institut für Rundfunktechnik, München

DIE XV. CCIR-VOLLVERSAMMLUNG

GENF, 15. BIS 26. FEBRUAR 1982

In der Zeit vom 15. bis 26. Februar 1982 fand in Genf die XV. Vollversammlung des CCIR statt. 394 Teilnehmer aus 76 Ländern, von 19 anerkannten privaten Betriebsgesellschaften, 13 internationalen Organisationen und 3 Gliederungen der UNO nahmen an den Besprechungen teil. Während der Eröffnungssitzung wurde E. J. Wilkinson, Australien, zum Vorsitzenden gewählt. Als Stellvertreter wurden die Herren A. Badalow (UdSSR), W. Bellchambers (Großbritannien), G. Huffcutt (USA) und E. Kamdem-Kamga (Kamerun) nominiert und bestätigt.

Zu den Aufgaben der Vollversammlung gehörten

- die Wahl des Direktors des CCIR;
- die Entgegennahme des Berichtes der Vorsitzenden der Studienkommissionen und die Genehmigung der von den Studienkommissionen vorgelegten Texte (außer CCIR-Berichten und Studienprogrammen, soweit sie von gültigen CCIR-Fragen abgeleitet sind);
- die Entgegennahme des Berichtes der Vorsitzenden der von der XIV. Vollversammlung (Kyoto 1978) eingesetzten Interim-Arbeitsgruppen (IWP) und die Annahme der von ihnen vorgelegten Berichte;
- die Organisation der Aktivitäten des CCIR während der kommenden Studienperiode und die Zusammenarbeit mit dem CCITT;
- die Organisation der Technischen Kooperation mit den Entwicklungsländern;
- die Überprüfung der Verwendung von Finanzmitteln während der abgelaufenen Studienperiode und die Zusammenstellung des Bedarfs für die bevorstehende Periode.

Zur Bearbeitung der drei letztgenannten Problemkreise wurden 3 Ausschüsse gebildet:

der Organisationsausschuß,

Vorsitz: N. Morishima (Japan)

der Ausschuß für Technische Zusammenarbeit,

Vorsitz: P. R. H. Balduino (Brasilien)

der Finanzausschuß,

Vorsitz: N. Bouhired (Algerien).

Außerdem wurde zur redaktionellen Überarbeitung aller vom Plenum zu verabschiedenden Texte ein Redaktionsausschuß,

Vorsitz: M. Thué (Frankreich)

Vertreter: R. Bedford (Großbritannien)

F. Molina Negro (Spanien)

eingesetzt.

Im Verlaufe der zweiten Konferenzwoche erwies sich die Notwendigkeit für einen Lenkungsausschuß; er bestand aus dem Vorsitzenden der Vollversammlung und seinen Vertretern sowie den Ausschußvorsitzenden und ihren Vertretern (nur beim Redaktionsausschuß eingesetzt).

Der bisherige Direktor des CCIR, R. C. Kirby (USA), war der einzige Bewerber für diesen Posten; er wurde durch Akklamation wiedergewählt.

Die Entgegennahme des Berichtes der Vorsitzenden der Studienkommissionen und die Genehmigung der von den letzteren vorgelegten Texte erfolgte wie in der Tagesordnung vorgesehen und war am 24. Februar 1982 praktisch abgeschlossen. Änderungen an den vorgelegten Texten wurden – wie erwartet – nur in wenigen

Ausnahmefällen vorgenommen und die geänderte Fassung am 26. Februar 1982 gebilligt.

Von der XIV. Vollversammlung (Kyoto 1978) waren die Interim-Arbeitsgruppen PLEN/1 und PLEN/3 eingesetzt worden. Die Berichte über die Ergebnisse ihrer Arbeiten lagen in den Dokumenten PLEN/2 bzw. PLEN/9 vor.

Aufgabe der IWP PLEN/1 unter Vorsitz von A. Bastikar (Kanada) war es gewesen, Vorschläge für eine Reorganisation der CCIR-Struktur und für künftige Aktivitäten auszuarbeiten. Das in Doc. PLEN/2 enthaltene Ergebnis wurde daher sofort dem Organisationsausschuß und dem Ausschuß für Technische Zusammenarbeit zur Auswertung und Verwendung zugeleitet; im übrigen nahm die Vollversammlung das Ergebnis dieser Arbeiten zur Kenntnis.

Die IWP PLEN/3 unter Vorsitz von T. V. Srirangan (Indien) hatte sich mit der Gesamtsystemproblematik von Rundfunksatellitensystemen zu befassen, um den Bericht ihrer Vorgängerin (IWP PLEN/2) auf den neuesten Stand zu bringen. Das Ergebnis dieser Arbeiten ist ein 355seitiger Bericht (Doc. PLEN/9); er wurde von der Vollversammlung gebilligt und soll künftig laufend aktualisiert werden.

Die Arbeiten beider IWPs wurden damit als abgeschlossen angesehen und die Arbeitsgruppen wurden aufgelöst.

Im Organisationsausschuß ging es um die künftige Struktur, den Aufgabenbereich des CCIR und um die künftigen Modalitäten der CCIR-Aktivitäten. Bezüglich des Aufgabenbereiches wurde die Meinung vertreten, daß in Ziffer 70 des Fernmeldevertrages ausdrücklich ein Hinweis aufgenommen werden sollte, demzufolge es für die Aufgaben des CCIR keine Frequenzgrenze gibt. Die bevorstehende Konferenz der Regierungsbevollmächtigten wird gebeten, diese Änderung vorzunehmen (Opinion 61, Doc. PLEN/1006). Als weiteres wichtiges Ergebnis ist festzuhalten, daß die Struktur der Studienkommissionen vollkommen und ihre Aufgabenbereiche nahezu unverändert blieben. Insbesondere fand sich keine Mehrheit für die Bildung einer Studienkommission für die Probleme des Satellitenrundfunks (Res. 61, Doc. PLEN/1002).

Die Organisation der CCIR-Aktivitäten ist in Res. 24 (Doc. PLEN/1005) geregelt. Abgesehen von relativ geringfügigen Änderungen am bestehenden Text wurde ein neuer Abschnitt aufgenommen, der sich mit den Vorarbeiten seitens des CCIR für UIT-Verwaltungskonferenzen befaßt. Für die Organisation und die Durchführung solcher Vorarbeiten wurde vorgesehen, jeweils eine „Konferenzberatungsgruppe“ (Conference Consultative Group, CCG) ins Leben zu rufen und eine „Konferenz-Vorbereitungs-Tagung“ (Conference Preparatory Meeting, CPM) abzuhalten. Aufgabe der CCG ist es, für den zu erstellenden Bericht eine Gliederung vorzuschlagen, die sich an die Tagesordnung der vorzubereitenden Konferenz anlehnt, eine Liste relevanter existierender CCIR-Texte zusammenzustellen sowie diejenigen Probleme anzugeben, zu denen Beiträge besonders erwünscht sind. Der Bericht einer CPM wird von ihr selbst gebilligt und als Beitrag des CCIR der Konferenz zugeleitet.

Diese Vorschläge des Organisationsausschusses wurden von der Vollversammlung ebenso gebilligt wie ein – geringfügig modifizierter – Vorschlag des Lenkungsausschusses (Doc. PLEN/117), der die Vorsitzenden und die stellvertretenden Vorsitzenden der Studienkommissionen

betrif. Gemäß diesem Vorschlag, der auf eine Initiative der Entwicklungsländer zurückgeht, wird die Anzahl der stellvertretenden Vorsitzenden auf 2 oder 3 erhöht. (In den Studienkommissionen 8 und 10 gab es bereits zuvor 2 Stellvertreter.) Die Besetzung der Studienkommissionen sieht nunmehr folgendermaßen aus:

Studienkommission	Vorsitz	Vertreter
1	K. Olms (Bundesrepublik Deutschland)	R. G. Struzak (Polen) M. J. Hunt (Kanada)
2	F. Horner (Großbritannien)	H. G. Kimball (USA)
3	H. Kaji (Japan)	A. Gueye (Senegal)
4	E. R. Craig (Australien)	E. Hauck (Schweiz) G. Mesias (Kolumbien) Remidi (Indonesien)
5	A. Kalinin (UdSSR)	H. Dougherty (USA)
6	L. W. Barclay (Großbritannien)	G. Pillet (Mme) (Frankreich)
7	J. McA Steele (Großbritannien)	S. Leschiutta (Italien)
8	G. Hempton (USA)	E. George (Bundesrepublik Deutschland) K. P. R. Menon (Malaysia)
9	J. Verrée (Frankreich)	H. Willenberg (Bundesrepublik Deutschland) M. Murotani (Japan)
10	C. Terzani (Italien)	H. Eden (Bundesrepublik Deutschland) O. P. Khushu (Indien)
11	M. Krivocheev (UdSSR)	C. A. Siocos (Kanada) WU Xian Lun (China) Santiago Aguerrevere (Venezuela)
CMTT	Y. Angel (Frankreich)	W. G. Simpson (Großbritannien)
CMV	M. Thué (Frankreich)	M. Ducommun (Schweiz) J. M. Pardo (Spanien) S. J. Aries (Großbritannien)

Im Ausschuß für Technische Zusammenarbeit wurden Möglichkeiten erörtert, die Entwicklungsländer stärker

als bisher in die Arbeit des CCIR einzubeziehen und den Transfer von Kenntnissen über die Technologie im Radiokommunikationswesen zu verbessern. Zu diesem Zweck wurden folgende Vorschläge ausgearbeitet:

- die Reduzierung der Kosten für CCIR-Veröffentlichungen auf die Herstellungs- und Versandkosten (Opinion D, Doc. PLEN/1007);
- finanzielle Unterstützung von potentiellen Teilnehmern aus Entwicklungsländern, um eine nennenswerte Beteiligung an CCIR-Tagungen zu ermöglichen, oder finanzielle Unterstützung bei der Durchführung von CCIR-Tagungen in Entwicklungsländern (Opinions C und H, Doc. PLEN/1013 und 1008);
- Durchführung von Ausbreitungsuntersuchungen in den Tropen (Resolution AF/5, Doc. PLEN/1009);
- die Unterstützung (gemeinsam mit CCITT) der „besonderen selbständigen Gruppen“ (groupes autonomes spéciaux, GAS), deren Aufgabe in der Vorbereitung von Handbüchern und dergleichen besteht, um den Entwicklungsländern eine bessere Ausnutzung der CCIR-Ergebnisse zu ermöglichen (Opinion A, Doc. PLEN/1011);
- eine Verbesserung der Zusammenarbeit des CCIR mit regionalen Fernmelde- und Rundfunkorganisationen (Resolution 3, Doc. PLEN/1012);
- die Vorbereitung und Herausgabe spezieller Veröffentlichungen und Handbücher (Resolution E und J, Doc. PLEN/1014 und 1015).

Die Vorschläge wurden von der Vollversammlung gebilligt und es wurden – soweit ihre Realisierung mit Kosten verbunden ist – die notwendigen Schritte eingeleitet, um die Voraussetzungen dafür zu schaffen.

Aus der Arbeit des Finanzausschusses ist zu berichten, daß sich die Kosten für CCIR-Tagungen in der abgelaufenen Studienperiode (1978 bis 1982) auf 24 Mio. Schweizer Franken belaufen, von denen der größte Teil auf die Beschäftigung zusätzlicher Mitarbeiter (z. B. Übersetzer) entfällt. Die geschätzten Kosten für die kommende Periode liegen in der gleichen Größenordnung. Erwähnenswert sind die hohen Kosten, die die Dokumentation verursacht; sie belaufen sich auf sfr 134,- je Seite für Übersetzung, Schreiben und Vervielfältigung. Künftige Beiträge zur CCIR-Arbeit sollten daher im Interesse geringer Kosten so kurz wie möglich sein.

Als größter Erfolg der abgelaufenen Studienperiode wurde von der XV. Vollversammlung die Verabschiedung eines weltweiten Standards gewürdigt, der die Codierungsparameter beim Digitalfernsehen in der Studiotechnik festlegt.

Die XVI. Vollversammlung des CCIR ist im Jahre 1986 mit einer Dauer von 2 Wochen vorgesehen. Ein Ort ist bislang noch nicht festgelegt. Eine Verlängerung um 3 Tage, wie sie von einigen Verwaltungen vorgeschlagen worden war, fand keine ausreichende Unterstützung. Man war überwiegend der Meinung, daß durch straffere Organisation erreicht werden kann, die Arbeit der nächsten Vollversammlung auch ohne zahlreiche Nachtstunden zu bewältigen.

Aus dem Ablauf der Vollversammlung läßt sich erkennen, daß der deutsche Rundfunk wie in der Vergangenheit seine Mitarbeit auf die Studienkommissionen 10, 11, CMTT, 5, 6 und 1 konzentrieren und sich im übrigen um Zugang zu den Schlußdokumenten der CMV bemühen sollte.

Hermann Eden
Institut für Rundfunktechnik, München

NTG-FACHTAGUNG „ANTENNEN 82“

BADEN-BADEN, 16. BIS 19. MÄRZ 1982

Die Nachrichtentechnische Gesellschaft (NTG) im VDE, NTG-Fachausschuß 13 „Antennen“, veranstaltete im gewohnten Fünfjahresrhythmus unter Mitwirkung des NTG-Fachausschusses 14 „Wellenausbreitung“ vom 16. bis 19. März 1982 in Baden-Baden die nationale Fachtagung „Antennen 82“. Die Tagung wurde von etwa 200 Teilnehmern aus Deutschland und den benachbarten Ländern Österreich, der Schweiz und Holland besucht, wobei die Rundfunkanstalten durch Entsendung von etwa 40 Fachinteressenten ein großes Interesse an dieser Tagung bekundeten.

Es wurden 44 Fachvorträge zu folgenden Themengruppen gehalten und im Tagungsband (NTG-Fachberichte, Bd. 78) veröffentlicht:

- Gruppenantennen mit Streifenleitungsantennen
- Reflektorantennen
- Satellitenantennen mit Satellitenbodenantennen
- Antennen und Ausbreitungsprobleme
- Antennenmeßverfahren
- Antennentechnologie
- Aktive Antennen
- Numerische Verfahren.

Aus dem vielfältigen Vortragsangebot soll hier auf einige Schwerpunkte eingegangen werden.

1. Gruppenantennen

Dieses Thema ist in vier Vortragsgruppen vorgestellt worden. Berichtet wurde über Probleme wie Nebenzipfelreduktion, Verkopplungsprobleme bei ebenen und sphärischen Gruppenantennen, Möglichkeiten zur Optimierung der Strahlungscharakteristik von Gruppen mit veränderlicher Speisung. Ein Vortrag beschäftigte sich mit der Berechnung des Phasenzentrums bei einfachen linearen Gruppenantennen sowie kleinen Corner- bzw. Hyperbel-Reflektoren. Mit Hilfe sehr informativer Darstellungen wurde gezeigt, wie das Phasenzentrum bei differentieller Änderung des Strahlungswinkels in radiale Richtungen wandert. In einem weiteren Vortrag dieser Themengruppe wurde ein Optimierungsprogramm vorgestellt, mit dem bei beliebig geformten Linearantennen durch Beschaltung mit Blindwiderständen eine Diagrammoptimierung durchgeführt werden kann. Drei Vorträge befaßten sich mit Streifenleitungsantennen.

2. Reflektorantennen

Zu diesem Thema wurde besonders über Weiterentwicklungen von Erreger- und Speisesystemen für kreuzpolarisationsfreie, Mehrfachkeulen- oder Multiband-Strahlungscharakteristiken, aber auch über Reflektorabschattung und Reflexionsfelder kleiner sphärischer Reflektoren berichtet. In diesem Zusammenhang stellte die schweizerische PTT einen standardisierten Multiband-erreger für Parabolreflektoren vor, bei denen mit Hilfe eines konischen dielektrischen Erregers besonders günstige Erregercharakteristiken bei gleichzeitig guter Kreuzpolarisationsentkopplung erreicht werden konnten.

3. Satellitenantennen

Zwei Vorträge dieser Themengruppe behandelten spezielle Erregersysteme, die eine entsprechende Verfor-

mung der Antennenstrahlungscharakteristik erlauben. Ein weiterer Vortrag stellte den Entwicklungsstand der Sendeantenne des Fernsehrundfunksatelliten TV-SAT dar. Es wurde ein Antennenkonzept zur Ausleuchtung der Bundesrepublik Deutschland vorgestellt. Weitere Vorträge behandelten Antennensysteme neuer Bodenstationen. So wurden Messungen an der Antenne der Erdefunkstelle Usingen 1 und die Antenne der Erdefunkstelle Raisting 4 diskutiert.

4. Antennenausbreitungsprobleme, Antennenmeßverfahren, Antennentechnologie

Mit den Vorträgen dieser Themengruppe waren besonders die Fachexperten der Rundfunkanstalten angesprochen. Der sehr theoretische Vortrag über „Bodenrückwirkungen einer Loopantenne mit beliebigem Radius und beliebiger Bodenhöhe“ wäre besser im späteren Komplex „Numerische Methoden“ untergebracht gewesen. Im zweiten Vortrag stellte die Firma AEG-Telefunken eine für den RIAS Berlin entwickelte und erstellte horizontale Drehkreuzantenne für Mittelwellenrundfunk vor. Mit dieser Antenne, die als Drehkreuzstrahler aus zwei Halbwellendipolen aufgebaut ist, wird abends und nachts eine Versorgung ausschließlich über Raumwelle erreicht. Die durch Feldstärkeregistrierung gemessenen Medianwerte stimmen bei Berücksichtigung der E-Schicht-Reflexion gut mit berechneten Werten überein.

In einem weiteren Vortrag wurden praktische Erfahrungen mit Streuzäunen zur Ausblendung unerwünschter Bodenreflexionen diskutiert. Eine zickzackförmige Anordnung solcher Streuzäune hat sich bei einem Radiointerferometer im 137-MHz-Bereich als besonders effektiv herausgestellt.

Bei den Meßverfahren wurde einmal das transiente Verhalten (Ein- und Ausschwingverhalten bei impulsförmiger Erregung) von Yagiantennen und LPDAs (logarithmisch-periodische Dipolantennen) theoretisch und experimentell untersucht. Es konnte vor allem das transiente Kopplungsverhalten erklärt werden. Zum anderen wurde ein Verfahren zur Messung der Kreuzkorrelation in Antennendiversitysystemen auf Kraftfahrzeugen vorgestellt. Mit diesem Meßverfahren kann schnell, reproduzierbar und ohne Einschränkung einer realen Meßfahrt der Diversitygewinn, d. h. die Erhöhung des mittleren Signal-Störabstandes eines Antennendiversitysystems auf Fahrzeugen gegenüber einer Einzelantenne ermittelt werden.

Zum Komplex „Antennentechnologie“ wurden von der Firma Kathrein Rundfunksendeantennen mit neuen, integrierten Fiberglasstragwerken vorgestellt. Hier waren die Systeme zur Unterdrückung der auftretenden mechanischen Schwingungen bei geringen Windgeschwindigkeiten von Interesse. Die Frage, ob Scrutonspirale oder Resonanztilger, sollte von Fall zu Fall unter Berücksichtigung verschiedener Einflußgrößen entschieden werden.

In einem weiteren Vortrag zu diesem Komplex stellte die Firma Dornier einen hochpräzisen Graphit-Epoxy-Werkstoff vor, der sich durch besonders hohe Steifigkeit, geringe Masse, hohe thermische Stabilität und praktische Sandwichverarbeitung auszeichnet. Er wurde für die besonders kritischen Komponenten des deutschen TV-Rundfunksatelliten entwickelt und unter extremen Versuchsbedingungen getestet.

5. Aktive Antennen

Aktive Antennen zeichnen sich durch kleine Dimensionen, geringes Gewicht, hohe Empfindlichkeit und große Frequenzbereichsabdeckung aus. Da sie darüber hinaus in Antennengruppen durch Verkleinerung der Streuflächen eine geringe Strahlungsverkopplung aufweisen, werden sie neuerdings auch in Peilantennensystemen verwendet. Neben der bekannten elektrischen Mono- oder Dipolform wurde nun auch die aktive breit-

bandige Rahmenempfangsantenne vorgestellt; ihre Optimierung sowie bevorzugte Anwendungsbereiche wurden erörtert.

Abschließend sei auf die hervorragende Organisation und auf die vielen Gelegenheiten für fachliche Diskussionen hingewiesen. Für einen erfolgreichen Verlauf der Tagung sorgten darüber hinaus die kulinarischen und kulturellen Einrichtungen der Stadt Baden-Baden.

Wolfram Tippe
Institut für Rundfunktechnik, München

TAGUNGEN UND AUSSTELLUNGEN

Termine

3. 5. – 6. 5. 1982 Berlin	VIDEO 82 – PROGRAMM INTERNATIONAL Kongreß und Ausstellung	13. 9. – 17. 9. 1982 Helsinki	EuMC 12th European Microwave Conference
9. 7. – 11. 7. 1982 Friedrichshafen	ham radio Internationale Amateurfunk- ausstellung	18. 9. – 21. 9. 1982 Brighton	IBC 82 9th International Broadcasting Convention
20. 8. – 26. 8. 1982 Düsseldorf	hifivideo 82 Internationale Messe mit Festival	4. 10. – 8. 10. 1982 Kleinheubach	Jahrestagung des U.R.S.I.-Landesausschusses
26. 8. – 5. 9. 1982 Amsterdam	Firato 82 Fachmesse für elektronische Geräte	6. 10. – 12. 10. 1982 Köln	photokina
2. 9. – 6. 9. 1982 Mailand	16. Salone Internazionale della Musica e High Fidelity	19. 10. – 21. 10. 1982 Saarbrücken	NTG-Fachtagung Rundfunk-Satellitensysteme
13. 9. – 15. 9. 1982 Göttingen	DAGA 82 9. Jahrestagung der Deutschen Arbeitsgemeinschaft für Akustik	9. 11. – 13. 11. 1982 München	electronica 10. Internationale Fachmesse für Baulemente und Baugruppen der Elektronik
13. 9. – 16. 9. 1982 München	10. Jahrestagung der Fernseh- und Kinotechnischen Gesellschaft (FKTG)	23. 11. – 25. 11. 1982 Mannheim	NTG-Fachtagung Hörrundfunk

BUCHBESPRECHUNGEN

Elektronische Nachrichtentechnik. Von Heinrich Schröder und Günther Rommel.

Band 1b: Änderungen determinierter Signale auf linearen Übertragungswegen. 10., völlig neu überarb. Auflage. 464 Seiten, 171 Bilder, 4 Tabellen, ISBN 3-7905-0317-7.

Band 2: Signaländerungen auf dem Übertragungsweg, Verzerrungen und Störungen. 422 Seiten, 193 Bilder, zahlr. Tabellen, ISBN 3-7905-0328-2.

Beide Bände haben das Format 21 cm x 15,2 cm, Plasteinband und sind beim Richard Pflaum Verlag, München 1980/81, erschienen. Preis je Band 59,80 DM.

Seit dem Erscheinen des ersten Bandes der „Elektrischen Nachrichtentechnik“ sind fast 20 Jahre vergangen, in denen die Nachrichtentechnik einen großen Aufschwung genommen hat. Die Entwicklung der Halbleitertechnologie ermöglicht es heute, sehr leistungsfähige Systeme zur Übertragung und Verarbeitung von Nachrichten aufzubauen, an deren Realisierung seinerzeit nicht zu denken war, weil der erforderliche technische Aufwand zu hoch war. Entsprechend wuchs der Umfang des theoretischen Rüstzeugs, das man zum Verständnis der Wirkungsweise dieser komplizierten Systeme und ihrer Entwicklung benötigt. Die Neubearbeitung der „Elektrischen Nachrichtentechnik“ soll diesen Veränderungen Rechnung tragen.

Inzwischen liegen die ersten drei Bände (1a, 1b, 2) des Werkes in der Neubearbeitung von Günther Rommel vor. Ein Vergleich mit der ursprünglichen Fassung von Heinrich Schröder zeigt, daß ein völlig neues Werk über die Nachrichtentechnik entstanden ist. Trotzdem wird der ursprüngliche Titel beibehalten; vermutlich, um deutlich werden zu lassen, daß die Neubearbeitung in gleicher Weise wie das ursprüngliche Werk eine Lücke zwischen der einführenden, überwiegend beschreibenden und der mathematisch anspruchsvolleren, meist nur ein kleines Teilgebiet umfassenden Fachliteratur schließen soll.

Nachdem in Band 1a die Eigenschaften und die Darstellung von Signalen behandelt worden sind (vgl. RTM 23 (1979), S. 50), befassen sich die Bände 1b und 2 mit der Übertragung der Signale und den dabei auftretenden Änderungen, Verzerrungen und Störungen.

Für den Fall determinierter Signale (Band 1b) werden die Übertragungseigenschaften mittels Gewichtsfunktion oder Übergangsfunktion im Zeitbereich, mittels Übertragungsfaktor im Frequenzbereich beschrieben. Zur Ermittlung der Gewichtsfunktion eines Übertragungssystems werden Mikusinskioperatoren eingeführt: sie gestatten es, aus den Bauelementen des Übertragungsweges die entsprechende Gewichtsfunktion zu berechnen. Die Theorie der Operatorenrechnung erfordert eine relativ ausführliche Darstellung, führt dann aber zu einer prägnanten Beschreibung von Problemen und Lösungsverfahren. Es zeigt sich, daß die komplexe Wechselstromrechnung ein Sonderfall der Operatorenrechnung ist: die zu berechnende Übertragungsfunktion ergibt sich als Funktion des Differentiationsoperators. Der Zusammenhang zwischen Gewichtsfunktion und Übertragungsfaktor wird durch die Laplacetransformation vermittelt. Da beim Leser lediglich Grundkenntnisse der komplexen Zahlen vorausgesetzt werden, müssen umfangreiche Hilfsmittel der Funktionentheorie bereitgestellt werden, ehe die Laplacetransformation und deren inverse Transformation zur Berechnung des Ausgangssignals am Ende der Übertragung angewendet werden kann. Es werden einige ideale Übertragungssysteme (Tiefpaß, Bandpaß usw.) erläutert. Reale Systeme jedoch werden nur mit

wenigen Beispielen angeführt; Hinweise auf die in der Praxis wichtigen Filtertypen (z. B. Bessel, Butterworth) fehlen leider.

Zur Beschreibung eines Übertragungssystems, das aus vielen Funktionseinheiten besteht, dient die Vierpoltheorie: sie gewinnt aus den Übertragungsfaktoren der einzelnen Einheiten den Übertragungsfaktor des Gesamtsystems. Zeitdiskret arbeitenden Übertragungssystemen (z. B. digitalen PCM-Systemen) ist das letzte Kapitel des Bandes 1b gewidmet.

Die Übertragung zufallsbedingter Signale ist dem Band 2 vorbehalten. Hier wird weiterhin untersucht, wie stark sich zufallsbedingte Störungen, die im Übertragungskanal durch rauschende Zwei- und Vierpole auftreten, im Empfangssignal auswirken. Daran anschließend wird erläutert, wie das Verhalten nichtlinearer Übertragungswege beschrieben werden kann. Schließlich werden die Erkenntnisse auf Systeme angewendet, bei denen das Signal moduliert übertragen wird; dabei werden die Verzerrungen und Störungen im demodulierten Signal ermittelt.

Jeder Band enthält ein Sachwörterverzeichnis, eine Liste der verwendeten Symbole und ein Literaturverzeichnis. Es wird in der Regel nur die deutschsprachige Literatur zitiert, damit das Verständnis der Ausführungen nicht durch eine Fremdsprache erschwert wird. Das ist insofern bedauerlich, da Ingenieure, die an den neuesten Entwicklungen arbeiten wollen, es sich nicht leisten können, die ausländische (vor allem die englische) Fachliteratur zu ignorieren.

Das Werk ist aufgrund der Lehrtätigkeit des Verfassers an einer Fachhochschule entstanden. Es wendet sich an Studenten der Nachrichtentechnik. Eine Vielzahl von Übungsaufgaben, die mit ihren Lösungen im Text eingefügt sind, ermöglichen die Selbstkontrolle, ob der erarbeitete Text verstanden worden ist; sie helfen zudem, die oftmals recht abstrakten Überlegungen an praktischen Beispielen anzuwenden. Es würde allerdings der Übersichtlichkeit dienen, wenn die Übungsbeispiele optisch vom Text abgehoben wären. Wünschenswert wäre auch eine ausführlichere Gliederung sowohl des Textes als auch der Inhaltsangabe. Dadurch könnte dem Leser, der zu einem bestimmten Problemkreis eine Lösung sucht, das Auffinden der entsprechenden Ausführungen erleichtert werden.

Die Bände 1a, 1b und 2 sind in bemerkenswert kurzer Zeit herausgebracht worden. Band 3 ist für Herbst dieses Jahres angekündigt. Das umfangreiche Werk wird einen großen Leserkreis finden. Dazu wird auch die gefällige Aufmachung und die grafische Ausstattung beitragen.

Heinrich Twietmeyer

Hochintegrierte digitale Schaltungen und ihre Anwendung. Von Dietrich Eckart, Eberhard Konrad und Wilhelm Leopold. 80 Seiten, 50 Bilder, 11 Tabellen, Format 21 cm x 15 cm, kartoniert, Dr. Alfred Hüthig Verlag, Heidelberg 1981, Preis 16,80 DM, ISBN 3-7785-0674-9.

Das Büchlein beschreibt in Kapiteln über LSI-Speicherschaltkreise, Mikroprozessoren und Peripheriebausteine kurz und didaktisch geschickt Schaltungstechnik und Grundzüge des Programmierens von Mikroprozessoren. Als erste Einführung ist es deshalb gut geeignet, doch ist nicht zu übersehen, daß der beschriebene Stand der Technik (DDR-Mikroprozessor U808, äquivalent zu Intel 8008) nicht mehr ganz aktuell ist.

Eberhard Stark

Moderne Vakuumelektronik. Grundlagen – Bauelemente – Technologie. Von Joseph Eichmeier. 412 Seiten, 430 Bilder, Format 25 cm x 17,5 cm, gebunden, Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York 1981, Preis 178,- DM bzw. 84.80 US\$, ISBN 3-540-10212-4.

In der elektronischen Schaltungstechnik hat sich in den letzten zweieinhalb Jahrzehnten ein grundlegender Wandel vollzogen. Während damals die Elektronenröhre noch gern als Bezug bei der Erläuterung der Wirkungsweise von Transistoren benutzt wurde, findet man sie heute – zu Recht übrigens – in modernen Lehrwerken der konventionellen Schaltungstechnik praktisch nicht mehr. Halbleiterbauelemente haben die Röhre hier fast verdrängt. Daraus kann man jedoch nicht ableiten, daß die Vakuumelektronik nun keine Bedeutung mehr besitzt. Ihre Anwendung hat sich lediglich in andere Bereiche verlagert, und sie wird dort auch für absehbare Zeit eine entscheidende Rolle spielen.

Unter diesem Aspekt ist das vorliegende Buch ein sehr begrüßenswerter Beitrag, der die für den modernen Elektroingenieur und Physiker notwendigen Grundlagen der Vakuumelektronik darstellt. Es enthält 10 Kapitel. Zunächst werden die physikalischen Grundlagen der Bewegung von Elektronen in Vakuumsystemen, die Berechnung von Elektronenbahnen unter dem Einfluß von verschiedenen Feldgrößen sowie Elektronenemissions- und -absorptionsvorgänge ohne Berücksichtigung der Raumladung behandelt. Ein weiterer Themenkreis sind elektronenoptische Systeme. Ausgehend von den allgemeingültigen Gesetzen für Elektronenlinsen, Ablenk- und Strahlenerzeugungssysteme werden technologische Spezialitäten für verschiedene Röhren und Geräte (z. B. SEV-Systeme, Wandlerröhren, Elektronenmikroskope) dargestellt.

Der Raumladungseinfluß auf Elektronenstörme im Hochvakuum ist Thema des nächsten Kapitels. Es folgen Kapitel über die Mikrowellenröhren, die Teilchenbeschleuniger und das breite Spektrum der Gasentladungsröhren einschließlich der Gaslaser. Ein kurzer Abriss über die wichtigsten Prinzipien der Vakuumtechnologie beschließt das Werk.

Das Buch wendet sich an Studierende der Elektrotechnik und der Physik. Die erforderlichen Kenntnisse der Mathematik entsprechen denen des Vordiploms. Wegen seiner übersichtlichen, klaren Darstellungsweise eignet es sich auch sehr gut zum Selbststudium. Dem Praktiker, der sich mit den Prinzipien der modernen Vakuumelektronik vertraut machen will, ist es ein wertvolles Nachschlagewerk.

Bodo Morgenstern

Elektrische Netzwerke. Eine Einführung in die Analyse. Hochschultext. Von R. Unbehauen. 2., neubearbeitete und erweiterte Auflage. XIII, 431 Seiten, 314 Bilder, ISBN 3-540-10543-3.

Elektrische Netzwerke. Aufgaben. Ausführlich durchgerechnete und illustrierte Aufgaben zur Netzwerkanalyse mit Lösungen. Hochschultext. Von R. Unbehauen und W. Hohnaker. 360 Seiten, 87 Bilder in 230 Einzeldarstellungen, ISBN 3-540-10542-5.

Beide Bände sind geheftet, haben das Format 24 cm x 16,5 cm und sind im Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York 1981, erschienen. Preis je Band 54,- DM bzw. 25.70 US\$.

Ziel der beiden vorliegenden Bände ist die Einführung in die Analyse elektrischer Netzwerke mit Hilfesystemtheoretischer Verfahren. Der Aufgabenband lehnt sich in Themenstellung und Gliederung sehr eng an das Lehrbuch an. Sein Ziel ist vor allen Dingen die Anregung des Lesers zu aktiver Mitarbeit in Form von eigenständiger Lösung stoffbezogener Übungsaufgaben, ohne

die das Verständnis für die tieferen Zusammenhänge sehr viel schwerer zu erlangen ist. Zwar lassen sich Lehr- und Übungsbuch auch unabhängig voneinander verwenden, dennoch ergänzen sie sich sehr sinnvoll. Der Übungsband geht in einigen Aufgaben über den Stoff des Lehrbuchs hinaus (Halbleiterphysik, Gleichstrommaschinen).

Das Werk ist entstanden aus Vorlesungen, die der Autor an der Universität Erlangen im Rahmen der Grundausbildung für Studierende der Elektrotechnik und der Informatik hält. Ein wesentliches Merkmal ist das Bestreben, die Netzwerkelemente nicht nur in idealisierter Form zu betrachten, sondern die physikalischen Verhältnisse mit einzubeziehen. Insofern behandelt das erste Kapitel auch die wesentlichen physikalischen Grundlagen (z. B. elektrisches und magnetisches Feld, Stromleitungsmechanismen, Netzwerkelemente, Kirchhoffsche Gesetze u. a.) in netzwerktheoretischer Sicht. Das Kapitel über die komplexe Wechselstromrechnung erläutert neben einfachen Beispielen allgemeine Verfahren zur Anwendung der Knoten- und der Maschenregel, zur Berechnung der Leistung und der Energie sowie des Effektivwertes. Die verschiedenen Verfahren zur Analyse von Netzwerken sind Thema des dritten Kapitels. Die Herleitung der Verfahren zur Ermittlung der Maschenströme und Knotenpotentiale geschieht – des leichteren Verständnisses wegen – zunächst ohne Matrizen. In Erweiterung gegenüber der ersten Auflage sind Matrizenverfahren und auch die Analyse mittels Zustandsvariablen neu aufgenommen. Das vierte Kapitel befaßt sich mit Netzwerktheoremen (z. B. Überlagerungssatz, Ersatzquellen und Tellegen-Theorem), und im fünften werden mehrpolige Netzwerke untersucht. Hier findet der Leser in der Hauptsache die netzwerktheoretische Behandlung der n-Tore, vorwiegend der Vierpole, die Berechnung von Drehstromsystemen, Ortskurvendarstellungen und Verfahren zur Beschreibung von Netzen unter dem Einfluß nichtharmonischer, periodischer Erregungen. Den größten Umfang nimmt das Kapitel über Einschwingvorgänge in Netzwerken ein. Ausgehend von einfachen Zweipolen wird das Verhalten allgemeiner Schaltungen betrachtet. Weiter werden der Begriff der komplexen Frequenz eingeführt und die darauf basierenden Pol-Nullstellen-Diagramme erläutert. Ein kurzer Abschnitt ist der Stabilität von Netzwerken und dem Hurwitzschen Stabilitätskriterium gewidmet. Die Einführung in die Laplacetransformation schließt dieses Kapitel ab. Das letzte, siebente Kapitel im Lehrbuch hat kein Gegenstück zum Aufgabenband und stellt in Form eines Ausblicks einen Streifzug durch das Gebiet der linearen, zeitvarianten und der nichtlinearen Netzwerke sowie der netzwerktheoretischen Berechnung der homogenen Doppelleitung und der Netzwerksynthese dar.

Das Werk wendet sich vor allem an Studenten der Elektrotechnik und der Informatik an wissenschaftlichen Hochschulen. Das anspruchsvolle Niveau soll sie bereits frühzeitig an die Methoden wissenschaftlichen Arbeitens heranzuführen.

Die didaktisch geschickte Darstellung und der umfangreiche Fundus an vollständig gelösten Übungsaufgaben erleichtern dem Leser den Weg zu diesem Ziel und verschaffen dem Werk darüber hinaus eine hervorragende Eignung zum Selbststudium.

Bodo Morgenstern

Semiconductor Laser Diodes: A Users Handbook. Von M. E. Fabian. 136 Seiten, zahlreiche Bilder, Format 23,5 cm x 15,5 cm, Leineneinband, Electrochemical Publications, Ayr 1981, Preis 57.00 US\$, ISBN 0-901150-10-X.

Dieses Buch soll den Entwicklungsingenieur mit der Herstellung, den Eigenschaften und den Anwendungsmöglichkeiten von Halbleiterlasern vertraut machen. Erklärtes Ziel ist es, den Halbleiterlaser aus dem Bereich

des Forschungslabors hervorzuholen und einfach als ein weiteres Bauelement für den Systementwurf vorzustellen.

Der Autor gehört einer bekannten Herstellerfirma an und hat diese Aufgaben sehr gut gelöst. Einleitend beschreibt er die verschiedenen Typen von Halbleiterlasern sowie Treiber- und Steuerschaltungen für Laser. Es folgen kurze Kapitel über Strahlungsdetektoren und Demodulatoren sowie über Faseroptik.

Ein ausführliches Kapitel befaßt sich mit meßtechnischen Anwendungen wie z. B. Messung der Entfernung, der Geschwindigkeit, der Verschmutzung in Luft oder Wasser und der Stromstärke bei Hochspannung. Dazu kommen Anwendungen in der Nachrichtenübertragung und Informationsspeicherung. Den Abschluß bildet ein Kapitel über Sicherheitsmaßnahmen beim Umgang mit Laserdioden.

Das Buch ist also wegen seiner Praxisnähe für den Anwender sehr zu empfehlen. Allerdings erscheint der Preis recht hoch.

Eberhard Stark

Schallschutz elementierter Bauteile. Fenster, Türen, Elementwände, Unterdecken. Von E. Sälzer, W. Moll und H.-U. Wilhelm. 163 Seiten, 131 Bilder, 19 Tabellen, Format 24 cm x 17 cm, gebunden, Bauverlag, Wiesbaden-Berlin 1979, Preis 58,- DM, ISBN 3-7625-0941-7.

Im vorliegenden Buch sind die verschiedenen Abschnitte von Autoren verfaßt, die direkt mit der Praxis zu tun haben.

In der Einleitung werden die Probleme der elementierten Bauteile und deren prinzipiellen Nachteile gegenüber der Massivbauweise (wie z. B. leichte Masse, die sich schalltechnisch ungünstig auswirkt) kurz erläutert. Da die Anforderungen für den Schallschutz gleichgeblieben sind, ist für die elementierten Bauteile eine noch bessere und sorgfältigere akustische Abstimmung der Konstruktion zu erfüllen. Dies setzt voraus, daß der Schallschutz bei der Planung von Gebäuden rechtzeitig beachtet werden muß, um brauchbare Ergebnisse zu erzielen.

Nach einer kurzen Einführung in die Meßtechnik und einer Übersicht über die Anforderungen an den Schallschutz von elementierten Außen- und Innenbauteilen werden in kleinen Kapiteln der Reihe nach die einzelnen Bauelemente behandelt, wie Fenster, schallgedämpfte Lüftungselemente für Fenster, Lichtkuppeln, Systemverglasungen, Fassaden und Dächer für den Schallschutz von Außenbauteilen, Montagewände, Innentüren, abgehängte Unterdecken und Doppelböden für den Schallschutz von Innenbauteilen. Das schalltechnische Gemeinsame aller dieser Elemente ist, daß sie mit hoher Präzision angefertigt und mit Sorgfalt eingebaut werden müssen.

Das Buch gibt Hinweise auf oft vorkommende Fehler bei der Planung, bei der Ausführung und erläutert die Auswirkung der elementierten Bauteile auf den gesamten Schallschutz. Es werden Konstruktionsbeispiele behandelt und Tips für die Verbesserung des Schallschutzes gegeben. Zahlreiche Bilder und Diagramme veranschaulichen das Ganze. Bedauerlicherweise werden speziell aufwendige Konstruktionen, wie sie beim Bau von Rundfunk- und Fernsehstudios und sonstigen Sonderbauten vorkommen, nicht aufgeführt.

Die einzelnen Kapitel werden in einer verständlichen und klaren Darstellungsart wiedergegeben. Dennoch setzt das Buch für den Leser einige Grundkenntnisse der Raum- und Bauakustik voraus. Da der Kenntnisstand der Baufachleute mit mehrjähriger Erfahrung auf diesem Gebiet in der Regel ausreicht, könnte dieses Buch zusammen mit den entsprechenden Vorschriften und

DIN-Normen für sie von großer Hilfe sein. Für diejenigen, die tiefer einsteigen wollen, werden am Schluß dieses Buches umfangreiche Literaturempfehlungen zu den einzelnen Fachkapiteln gegeben.

Georges Karamallis

Grundlagen der Beschallungstechnik. Von Wolfgang Ahnert und Walter Reichardt. 271 Seiten, 124 Bilder, 6 Tabellen, Format 24,5 cm x 17,5 cm, gebunden, S. Hirzel Verlag, Stuttgart 1981, Preis 68,- DM, ISBN 3-7776-0373-2.

Das vorliegende Buch zweier Autoren, die ihre wissenschaftliche Karriere im Abstand eines halben Jahrhunderts begonnen haben, verbindet die Erfahrungen des bekannten Hochschullehrers Reichardt mit den Erkenntnissen seines Schülers Ahnert aus Projektierungsarbeiten auf dem Gebiet der Beschallungstechnik.

In klarer Gliederung – unter Hinweis auf nahezu 300 Literaturquellen – werden dem Leser Unterlagen für die eigene Planung von Beschallungsanlagen geliefert. Dabei werden ausreichende Ableitungen der angegebenen Gleichungen und Erklärungen für deren Anwendung gegeben, um einen sinnvollen Gebrauch zu ermöglichen. Mathematisch umfangreichere Ableitungen sind in einem Anhang untergebracht, so daß der Zusammenhang nicht unnötig gestört wird.

Nach einer Zusammenstellung der in Verbindung mit der Beschallungstechnik wichtigsten Eigenschaften des menschlichen Gehörs und den für gute Hörsamkeit ausagefähigen technischen Parametern liegt das Schergewicht der Darstellung auf der Dimensionierung von Beschallungsanlagen. Dabei findet das Problem der Rückkopplung, ihre rechnerische Erfassung und technische Beeinflussung besondere Beachtung.

Bei der Behandlung des Themenbereiches „Künstliche Nachhallbeeinflussung“ sind neuere Entwicklungen unter Verwendung einer großen Zahl von Mikrofon-Verstärker-Lautsprecher-Ketten nicht ausreichend gewürdigt. Auch bei der Beschreibung der technischen Möglichkeiten zur „Komplexen Erzeugung von Schallfeldern“ entspricht der dargestellte Stand nicht den Leistungen der bereits verfügbaren Geräte, was aber weniger eine Kritik an den Autoren als ein Hinweis auf die auf diesem Gebiet jede zusammenfassende Darstellung überholende Entwicklung ist.

Da das Buch nicht mit einmaligem Lesen erfaßt werden kann, sondern als häufig benutztes Arbeitsmittel verwendet werden sollte, wäre eine bessere Druck- und Papierqualität wünschenswert. Außerdem wäre der Fülle an sachlicher Information eine gründlichere redaktionelle Bearbeitung angemessen, um das flüssige Lesen durch treffende Formulierungen zu erleichtern.

Horst Wollherr

Nachrichtentechnik. Übertragung, Vermittlung und Verarbeitung. Reihe: Studienbücher der technischen Wissenschaften. Von Eberhard Herter, Walter Röcker und Wolfgang Lörcher. 2., erweiterte und überarbeitete Auflage. 412 Seiten, 449 Bilder, Format 23 cm x 16 cm, kartoniert, Carl Hanser Verlag, München-Wien 1981, Preis 42,- DM, ISBN 3-446-12907-3.

Die elektrische Nachrichtentechnik hat sich in den letzten Jahrzehnten durch die zunehmende Verwendung neuer Techniken derart weit entwickelt, daß eine zusammenhängende Betrachtung von früher an sich getrennten Bereichen, wie z. B. der Nachrichtenübermittlung und Nachrichtenverarbeitung, notwendig wird.

Diese Aufgabe will das vorliegende Buch erfüllen: einerseits einen Überblick über das Gesamtgebiet der Nachrichtentechnik zu geben und andererseits Beziehungen und Gemeinsamkeiten zwischen den Teilgebieten

aufzuzeigen. Durch die aktuelle und konzentrierte Darstellung des Stoffes ist es sowohl für Studierende der Nachrichtentechnik und der Informatik als auch für den in der Praxis tätigen Ingenieur gleichermaßen gut geeignet. Der Leser sollte über Grundkenntnisse der Elektrotechnik und Elektronik verfügen und mit der komplexen Rechnung sowie der Differential- und Integralrechnung vertraut sein.

Der Stoff ist in 4 Abschnitte unterteilt. Im 1. Abschnitt werden aktive und passive Netzwerke beschrieben und die Grundlagen der Digitaltechnik, der System- und Informationstheorie behandelt. Der 2. Abschnitt führt den Leser in das Gebiet der drahtgebundenen und drahtlosen Nachrichtenübermittlung, geht auf die Themen Modulation, Störungen und Verzerrungen in Nachrichtenkanälen ein und stellt Systeme der Vermittlungstechnik vor. Das Gebiet der Nachrichtenverarbeitung wird im 3. Abschnitt behandelt. Ausgehend von einer Einführung in die Thematik werden der Entwurf und die Realisierung von Schaltnetzen und Schaltwerken besprochen sowie Rechner- und Mikrocomputersysteme behandelt. Der 4. Abschnitt bringt ausgewählte Beispiele zur Nachrichtenübermittlung und -verarbeitung.

Mit dieser Aufteilung des Stoffes setzen die Autoren gleichzeitig Schwerpunkte, die das ganze Gebiet mehr aus fernmeldetechnischer Sicht darstellen. Dadurch werden Themen wie Rundfunk- und Fernsehtechnik und Hochfrequenzanlagen nur sehr oberflächlich behandelt.

Der an diesen Themen interessierte Leser findet aber am Ende von jedem Unterabschnitt ausreichend Hinweise auf weiterführende Werke. Das umfangreiche Literaturverzeichnis am Ende des Buches mit über 620 Hinweisen berücksichtigt auch neueste Entwicklungen auf dem Gebiet der Nachrichtentechnik.

Jürgen Missun

Tagebuch der Nachrichtentechnik. Von Sigfrid von Weiher. 198 Seiten, zahlreiche Bilder, Format 21,5 cm x 15 cm, kartoniert, VDE-Verlag, Berlin 1980, Preis 34,- DM, ISBN 3-8007-1162-6.

Im Jahre 1975 erschien erstmals in der Nachrichtentechnischen Zeitschrift (NTZ) eine regelmäßig wiederkehrende Rubrik unter der Überschrift „Tagebuch der Nachrichtentechnik“, die fünf Jahre lang die Aufmerksamkeit des historisch interessierten Lesers auf sich zu lenken vermochte. Nunmehr hat der VDE-Verlag aus diesen Einzelbeiträgen ein ebenso praktisches wie interessantes Sachbuch mit dem gleichen Titel gestaltet, in dem der Autor Sigfrid von Weiher in Form eines Kalendariums alle wesentlichen Fakten und Daten zusammengestellt hat, die der Entwicklungsgeschichte der Nachrichtentechnik zuzurechnen sind. Dazu zählen vor allem auch aus früheren Jahrhunderten die ersten Nachweise von Elektrizität und Magnetismus; Phänomene also, die sogar von gekrönten Häuptern, wie der englischen Königin Elisabeth I., mit Interesse aufgenommen worden sind.

Der erste elektrische Telegraphenapparat, um auf die Nachrichtentechnik selbst zu kommen, wurde von dem Münchner Anatomieprofessor Thomas von Soemmering im Jahre 1809 angegeben, und 1835 ist die optische Telegraphenlinie Berlin-Cöln-Coblenz in Betrieb genommen worden. Die erste Meldung, die sich auf diesem Wege in die preußische Hauptstadt fortpflanzen konnte, hatte einen brisanten Inhalt: das Attentat auf König Louis-Philippe von Frankreich. Zwei Jahre später stellte Samuel Morse seinen weltbekannten elektromagnetischen Telegraphenapparat vor, und 1861 begann mit der Erfindung von Philipp Reis das Zeitalter der Telephonie. Mit knappen und prägnanten Formulierungen, unterstützt von zahlreichen, meist historischen Abbildungen, werden die Stationen der fast 400jährigen Entwicklungsgeschichte behandelt. Die erste stereophone Opernübertragung, die

bereits vor 100 Jahren stattfand, wird ebenso einbezogen wie die Erfindung von Phonographenwalze und Schallplatte und wie der Ausbau des Funk- und Fernmeldewesens. Biographische Notizen über die Pioniere der Nachrichtentechnik runden den mehr technisch orientierten Inhalt ab.

Dieses Buch ist für all diejenigen wertvoll, die sich ein Faible für die geschichtsträchtigen Ereignisse eines weltumspannenden Zweiges der Technik bewahrt haben.

Claus Römer

Optische Nachrichtentechnik. Eine Einführung. Von Gerhard Grau. XI, 353 Seiten, 144 Bilder, Format 24,5 cm x 16,5 cm, geheftet, Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York 1981, Preis 62,- DM bzw. 26.40 US\$, ISBN 3-540-10947-1.

Es handelt sich hier um ein Hochschullehrbuch für Nachrichtentechniker; die Darstellung geht deshalb grundsätzlich von der konventionellen Nachrichtentechnik aus, während die zugrundeliegende Physik jeweils nur sehr gedrängt behandelt wird, ohne daß allerdings die Genauigkeit unter der Kürze leidet.

Die Hauptkapitel befassen sich mit Lichtleitfasern und deren Verlusten, mit Lichtquellen (kohärent und inkohärent) und Lichtmodulation, Photodetektoren, Rauschen, Analog- und Digitalempfängern, mit Koppellementen und mit optischen Nachrichtensystemen. Besonders zu erwähnen ist das Kapitel über das Rauschen, da hier verschiedene Rauschquellen behandelt werden, die es in der konventionellen Nachrichtentechnik so nicht gibt.

Begeisternd ist auch das Verzeichnis von über 400 weiterführenden Literaturstellen, zum weit überwiegenden Teil Originalarbeiten aus den letzten fünf Jahren. Man spürt durch das ganze Werk, daß der Autor voll auf der Höhe des Standes der Forschung ist und nicht nur ein Konglomerat anderer Lehrbücher geschaffen hat, wie man das leider allzuoft findet.

Eberhard Stark

Digitale Vermittlungstechnik. Aus der Reihe Einführung in die Nachrichtentechnik. Von Horst Besier, Peter Heuer und Günther Kettler. Hrsg. Alfons Gottwald. 330 Seiten, 136 Bilder, 12 Tabellen, Format 23,5 cm x 15,5 cm, Kunststoffeinband, R. Oldenbourg Verlag, München-Wien 1981, Preis 84,- DM, ISBN 3-486-25101-5.

Das vorliegende Buch stellt eine Einführung in die digitale Vermittlungstechnik dar und wendet sich an Nachrichtentechniker in Ausbildung und Beruf.

Neben der im Mittelpunkt stehenden digitalen Vermittlungstechnik werden auch Nachbargebiete angesprochen, die einen unmittelbaren Bezug zum Thema aufweisen und dieses zweckmäßig abrunden. So werden die Grundlagen digitaler Signale kurz erläutert, ebenso wie verschiedene Kommunikationsformen und Netzstrukturen. Daneben werden Fragen der Integration der unterschiedlichen Dienste aus Sicht der Deutschen Bundespost angeschnitten (die Autoren sind Mitarbeiter im Forschungsinstitut der Deutschen Bundespost).

Die eigentlichen Schwerpunkte bilden die Signalisierung, die Synchronisierung, die Fernsprech- und Datenvermittlung sowie End- und Teilnehmervermittlungstellen. Da die Entwicklung dieser Technik teilweise noch sehr stark im Fluß ist, werden erfreulicherweise auch interessante Entwicklungstendenzen aufgezeigt. Ausführliche Literaturhinweise schließen die einzelnen Kapitel ab.

Der klar formulierte Text mit einem Minimum an mathematischen Formeln liest sich sehr gut. Das Buch kann dem an der digitalen Vermittlungstechnik interessierten Leser empfohlen werden.

Heinz-Dieter vom Stein

NACHRICHTEN

 RUNDFUNKVERSORGUNG
 IN DER BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND
 UND IN BERLIN (WEST)

Mittelwellensender

Änderungen

Vom Westdeutschen Rundfunk wurde am folgenden Mittelwellensender eine Änderung vorgenommen (der geänderte Wert ist **halbfett** gedruckt):

Station	Pro-gramm	Frequenz kHz	Leistung ERP/kW	Azimut Grad	Tag der Änderung
Bonn	1	774	5	ND	1. 2. 1982

Ultrakurzwellessender

Inbetriebnahmen

Von den Rundfunkanstalten wurden folgende Ultrakurzwellessender in Betrieb genommen:

Station	Pro-gramm	Kanal	Frequenz MHz	Leistung ERP W	Pol.	Azimut Grad	Tag der Inbetriebnahme
---------	-----------	-------	--------------	----------------	------	-------------	------------------------

Norddeutscher Rundfunk

Holzminden	1S	19	92,75	100	HH	105; 180	25. 2. 82
Holzminden	2S	30	96,00	100	HH	105; 180	25. 2. 82
Holzminden	3S	38	98,50	100	HH	105; 180	25. 2. 82

Süddeutscher Rundfunk

Stuttgart-Funkhaus	2S	29	95,70	0,1	H	ND	4. 1. 82
--------------------	----	----	-------	-----	---	----	----------

Fernsehsender

Inbetriebnahmen

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

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

Hessischer Rundfunk

Berkatal	50	2M	15	H	300	4. 12. 81
Meisenbach	26	1M	20	H	15; 255	8. 1. 82

Norddeutscher Rundfunk

Melle/Oldendorf	54	2M	20	H	45	22. 12. 81
-----------------	----	----	----	---	----	------------

Station	Kanal	Offset	Leistung ERP W	Pol.	Azimut Grad	Tag der Änderung
Südwestfunk						
Alpirsbach	30	1P	2	HH	75; 175	19. 10. 81
Altenbamberg	45	3P	100	V	181	3. 12. 81
Bad Breisig	37	0	2	H	188	15. 12. 81
Bollschweil	29	2P	6	HH	5; 250	1. 10. 81
Breitenheim	44	3P	10	V	ND	11. 11. 81
Burladingen	32	1P	44	H	30	10. 12. 81
Bermerbach	37	0	20	HH	85; 257	28. 10. 81
Dielkirchen	7	2M	0,5	HH	150; 35	16. 12. 81
Elmstein	7	0	9	H	120	24. 11. 81
Ilbesheim	22	6P	12	V	90; 260	10. 11. 81
Lautenbach	40	8M	20	H	208	20. 11. 81
Minself	48	7P	20	V	40	15. 10. 81
Oberndorf	24	1P	6	HH	5; 115	4. 11. 81
Sasbachwalden	45	3P	25	HH	135; 315	29. 10. 81
Schwabenheim-Mainz	55	8P	60	VV	210; 315	12. 11. 81
Selbach/Sieg	5	0	0,25	HH	50; 200	22. 12. 81
Talheim	58	2P	16	HH	120; 295	3. 11. 81
Thaleischweiler	38	5M	15	V	270	25. 11. 81
Ulm	7	0	1	HH	230; 350	16. 12. 81
Züsch-Neuhütten	9	7P	4	V	173	26. 11. 81

 Werner Glesner Stellvertretender Intendant
 des Saarländischen Rundfunks

Mit überwiegender Mehrheit hat der Rundfunkrat des Saarländischen Rundfunks dem Vorschlag des Intendanten Prof. Dr. Hubert Rohde zugestimmt, den Technischen Direktor Werner Glesner zum Stellvertretenden Intendanten und damit zum Nachfolger des aus Altersgründen ausgeschiedenen früheren Chefredakteurs Karl-Heinz Reintgen zu bestellen. Werner Glesner, gebürtiger Saarländer, trat 1954 als Senderingenieur in die Dienste des Saarländischen Rundfunks und ist seit 1969 Technischer Direktor. Für seinen besonderen Einsatz für die sozialen und wirtschaftlichen Belange der Arbeitnehmer-schaft wurde er mit dem Bundesverdienstkreuz am Bande ausgezeichnet.

Herausgeber: Institut für Rundfunktechnik GmbH, München.

ISSN 0035-9890

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

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

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

Verlag: Mensing GmbH + Co KG, Schützenwall 9—11, 2000 Norderstedt. Es erscheinen jährlich 6 Hefte mit einem Gesamtumfang von etwa 300 Seiten. Bezugspreis: Jahresabonnement 105,— DM zuzüglich Versandkosten. Bezugsbedingungen: Bestellungen über den Buchhandel oder beim Verlag. Abbestellungen müssen 6 Wochen vor Ablauf des Kalenderjahres vorliegen. Einzelhefte werden nach Umfang berechnet und über den Buchhandel ausgeliefert. Auslieferungsdatum 30. 4. 1982. Einzelpreis dieses Heftes 27,80 DM. Alle Rechte vorbehalten. Nachdrucke, auch auszugsweise sowie anderweitige Vervielfältigungen sind nur mit schriftlicher Genehmigung des Verlages gestattet.

Anzeigenverwaltung: Mensing GmbH + Co KG, Schützenwall 9—11, 2000 Norderstedt, Ruf (040) 5 25 20 11 und alle Werbungs-mittler. Zur Zeit gilt Anzeigenpreisliste Nr. 13.

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