

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**

Gerd Petke Energiesparende Modulationstechniken bei AM-Rundfunksendern

Günter Schneeberger Beurteilung und Stand der Fernsehtonqualität beim Differenzträger-Tonempfang

Ernst-Joachim Völker Regieräume für Musikwiedergabe

Karl-Heinz Trißl Die praktische Fehlersuche an Geräten mit Mikrocomputern

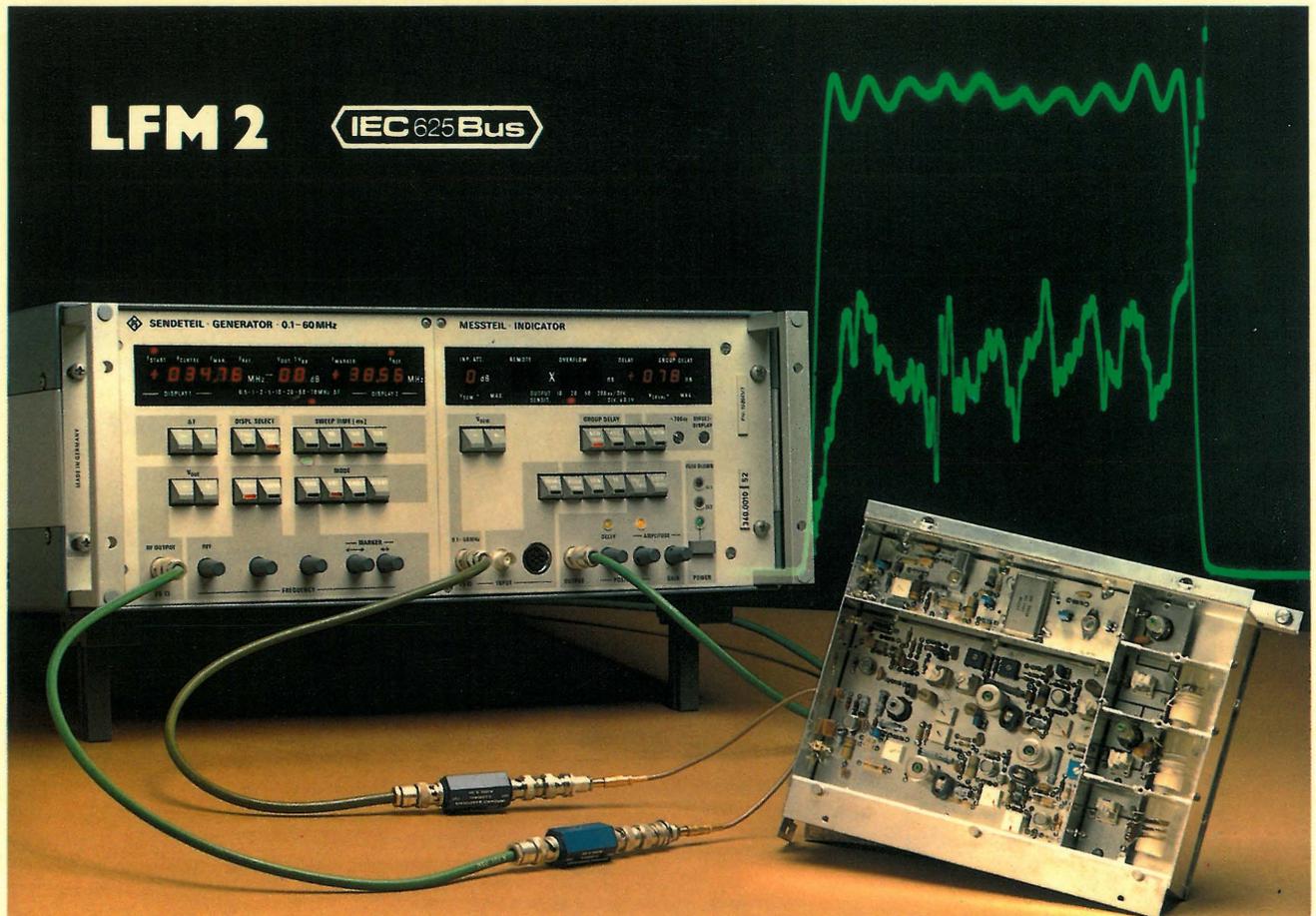
Günter Kroll Mikroprozessoren in der Fernsehempfängertechnik

Klaus Altmann Die 71. Tagung der Audio Engineering Society

Herbert Fix, Peter Wolf Die 34. Jahrestagung der Technischen Kommission der UER

Tagungen und Ausstellungen – Buchbesprechungen – Nachrichten – Persönliches

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:

Energiesparende Modulationstechniken bei AM-Rundfunksendern	97	Die 71. Tagung der Audio Engineering Society	139	
Gerd Petke		Klaus Altmann		
Beurteilung und Stand der Fernsehtonqualität beim Differenzträger-Tonempfang	106	Die 34. Jahrestagung der Technischen Kommission der UER	140	
Günter Schneeberger		Herbert Fix, Peter Wolf		
Regieräume für Musikwiedergabe	112	Tagungen und Ausstellungen	145	
Ernst-Joachim Völker		Buchbesprechungen		145
Die praktische Fehlersuche an Geräten mit Mikrocomputern	121	Nachrichten	146	
Karl-Heinz Trißl		Persönliches		147
Mikroprozessoren in der Fernsehempfängertechnik	133			
Günter Kroll				

ENERGIESPARENDE MODULATIONSTECHNIKEN BEI AM-RUNDFUNKSENDERN¹

VON GERD PETKE²

Manuskript eingegangen am 25. Januar 1982

AM-Tonrundfunk

Zusammenfassung

Die stürmische Entwicklung in der Digitaltechnik ermöglicht die Einführung neuer Modulationstechniken im amplitudenmodulierten Hörrundfunk. Es wird gezeigt, welche Energieeinsparungen sich bei Sendern mit Pulsdauermodulation (PDM) oder Sendern mit dynamikgesteuerter Amplitudenmodulation (DAM) erzielen lassen und inwieweit unter bestimmten Voraussetzungen mit einer Qualitätsbeeinträchtigung zu rechnen ist.

Diesen neuen Modulationstechniken wird zum Vergleich die Einseitenbandtechnik gegenübergestellt. Es wird untersucht, ob sich auch noch Energie einsparen läßt, wenn aus Kompatibilitätsgründen, d. h. beim Empfang mit herkömmlichen Zweiseitenbandempfängern, nur eine geringe Trägerreduzierung gewählt wird.

Summary Economic modulation processes for AM broadcast transmitters

Spectacular developments in digital techniques are opening new doors for AM broadcasting. The article shows the energy savings that can be obtained in pulse duration modulated transmitters and in controlled-carrier amplitude modulation. The possible effects on the quality are also mentioned.

These new techniques are compared with single-sideband modulation. The article examines the extent to which the savings in energy are preserved when, for reasons of compatibility (the possibility of using conventional double-sideband receivers), only a limited reduction is made in the carrier level.

Sommaire Procédés de modulation économiques pour émetteurs de radiodiffusion modulés en amplitude

Les développements spectaculaires des techniques numériques ouvrent de nouvelles voies pour la radiodiffusion à modulation d'amplitude. On montre quelles sont les économies d'énergie qui peuvent être obtenues dans les émetteurs modulés en largeur d'impulsions, ou à modulation d'amplitude commandée par la dynamique. On indique, par ailleurs, l'influence qui peut en résulter sur la qualité.

Ces nouvelles techniques sont comparées avec la modulation à bande latérale unique. On examine dans quelle mesure l'économie d'énergie subsiste lorsque, pour des raisons de compatibilité (possibilité d'utiliser des récepteurs classiques à double bande latérale), on s'astreint à ne réduire que modérément la porteuse.

1. Einleitung

Rundfunksender in den LW-, MW- und KW-Bereichen sind im allgemeinen Großsender mit Trägerleistungen von einigen 100 kW. Bei solch hohen Leistungen kommt der Verbesserung des Wirkungsgrades dieser Sender entscheidende Bedeutung zu. So

fehlte es auch in der Vergangenheit nicht an Schaltungsvorschlägen, die das Ziel hatten, den Wirkungsgrad um einige Prozent zu verbessern. Von den wenigen Vorschlägen, die auch praktische Bedeutung erlangten, seien hier nur das Modulationsverfahren von Doherty, das nach Chireix, sowie die Anoden-B-Modulation aufgeführt [1]. Von den genannten Verfahren hat das letzte, die Anoden-B-Modulation, die weiteste Verbreitung gefunden. Ausschlaggebend dafür war weniger der Wirkungsgrad als vielmehr die Betriebssicherheit, die geringen Verzerrungen sowie der leichte Frequenzwechsel. Erst die stürmische Entwicklung in der Digitaltechnik eröffnete neue Möglichkeiten für energiesparende Modulationstechniken.

¹ Dieser Aufsatz erscheint zugleich in Engl./Franz. in der E.B.U. Rev. Tech./Rev. de l'U.E.R. Tech. Nr. 193 (Juni 1982).

This article is published simultaneously in English in the E.B.U. Rev. Tech. No. 193 (June 1982).

Cet article est publié simultanément en français dans la Rev. de l'U.E.R. Tech. N° 193 (Juin 1982).

² Dipl.-Ing. Gerd Petke ist Wissenschaftlicher Mitarbeiter des Arbeitsbereiches Übertragungstechnik Hörfunk im Institut für Rundfunktechnik, München.

2. Wirkungsgrad und Betriebsarten von Röhren

Um das Verständnis für die nachfolgenden Ausführungen zu erleichtern, soll kurz auf die wichtigsten Röhrenbetriebsarten eingegangen werden. Diese bestimmen im wesentlichen den Wirkungsgrad einer Schaltung. Die vier wichtigsten Betriebsarten sind

- A-Betrieb,
- B-Betrieb,
- C-Betrieb,
- D-Betrieb.

Die ersten drei Arten werden mit Hilfe von **Bild 1** erläutert.

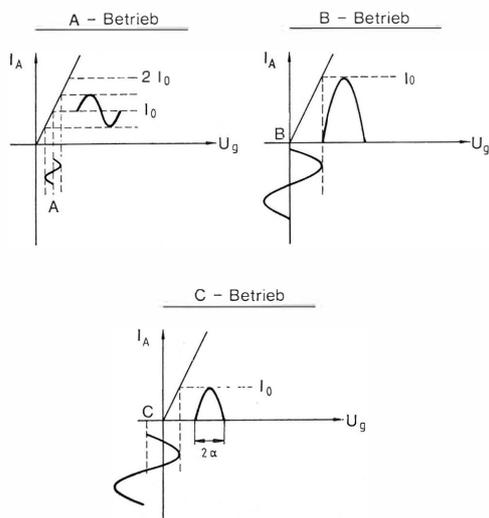


Bild 1
Betriebsarten von Senderröhren

Beim A-Betrieb ist die Gitterspannung so eingestellt, daß ohne Ansteuerung ein Ruhestrom fließt, der halb so groß ist wie der maximale Anodenstrom. Der maximal erreichbare Wirkungsgrad beträgt bei voller Strom- und Spannungsaussteuerung 50 %.

Beim B-Betrieb wird die Gitterspannung so gewählt, daß gerade kein Ruhestrom fließt. Die Ausgangsspannung ist dann während der positiven Halbwelle proportional der Ansteuerung. Der theoretische Wirkungsgrad beträgt 78,5 % ($\pi/4$).

Beim C-Betrieb liegt die Gittervorspannung weit im negativen Bereich. Ein Ausgangssignal erhält man nur noch für eine bestimmte Dauer; diese hängt vom Stromflußwinkel α ab. Der Wirkungsgrad hängt ebenfalls von diesem Stromflußwinkel α ab. Für $\alpha = 60^\circ$, ein Wert, dem bei Senderendstufen praktische Bedeutung zukommt, liegt der theoretische Wirkungsgrad bei 89,7 %, volle Spannungsausnutzung vorausgesetzt.

Im D-Betrieb wird die Röhre als Schalter betrieben. Eine Rechteckansteuerung der RF-Endröhre ist jedoch wegen der Gittereingangskapazität und des damit verbundenen hohen Blindleistungsbedarfes nicht möglich. Der theoretische Wirkungsgrad beträgt beim Schalterbetrieb 100 %.

* Theoretischer Wert.

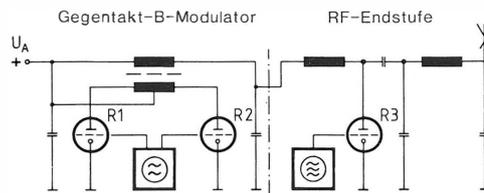


Bild 2
Sender mit Anoden-B-Modulation

In der Praxis läßt sich bei den angegebenen Betriebsarten eine Spannungsausnutzung von 100 % nicht erreichen, d.h. die Anodenwechselspannung liegt unter der Anodengleichspannung. Aus diesem Grunde und wegen weiterer Verluste (Röhrenheizung, Schaltelemente) liegen die Gesamtwirkungsgrade beträchtlich unter den theoretisch ermittelten Wirkungsgraden.

3. Das PDM-Prinzip

Die bereits erwähnte Anoden-B-Modulation hat sich in der Vergangenheit gegenüber anderen Schaltungskonzepten durchgesetzt (**Bild 2**). Der Modulator ist als Gegentakt-B-Verstärker ausgebildet, wodurch ein recht guter Wirkungsgrad ($\eta^* = 78,5 \%$) erreicht wird. Ein wesentlicher Nachteil dieser Schaltung ist der erforderliche Modulationstransformator, der bei Großsendern erhebliche Ausmaße annehmen kann. Die Modulationsleistung erreicht bei 100 % Modulationsgrad 50 % der Trägerleistung.

Die RF-Endröhre R3 arbeitet im C-Betrieb, d.h. mit gutem Wirkungsgrad ($\eta^* = 89,7 \%$). Durch Zusatz der dritten Harmonischen zur Grundwelle (**Bild 3**) läßt sich der Wirkungsgrad weiter verbessern, da diese Maßnahme praktisch eine Annäherung an den Schalterbetrieb darstellt; die Kurvenform der Anodenspannung wird angenähert rechteckförmig [2]. Mit dem PDM-Prinzip wird der Modulationstransformator vermieden und gleichzeitig der Wirkungsgrad der Modulationsstufen deutlich verbessert [3, 4].

Eine Gegenüberstellung von anodenmodulierten Sendern mit Gegentakt-B-Verstärker und mit PDM-Verstärker ist in **Bild 4** gezeigt. Die RF-Endstufe ist in beiden Fällen gleich. Das Verfahren der Anodenspannungserzeugung ist jedoch unterschiedlich. Wäh-

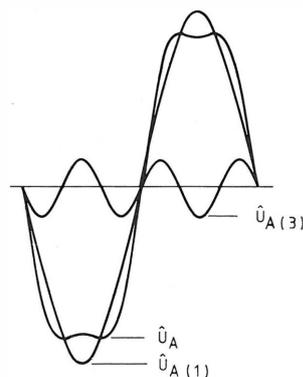


Bild 3
Wirkungsgradverbesserung durch Zusatz der dritten Harmonischen

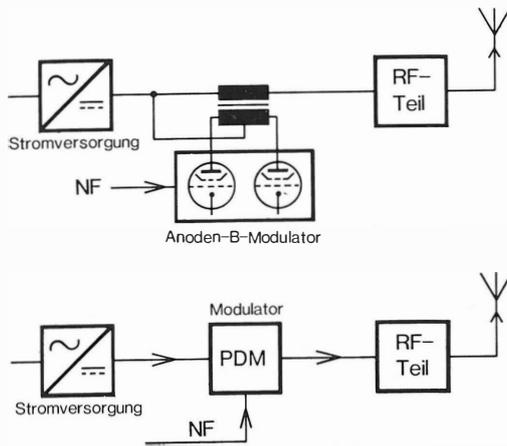


Bild 4

Vergleich eines Anoden-B-Senders mit einem PDM-Sender

rend die RF-Endstufe bei Anoden-B-Modulation ihre Anodengleichspannung direkt und die Modulationsspannung über den Modulationstransformator erhält, liefert der PDM-Verstärker gleichzeitig die Gleichspannung und die Modulationsspannung.

Bild 5 zeigt die PDM-Grundschiung. Der Leistungsteil besteht im wesentlichen aus der Schalt- röhre, der Freilaufdiode, der Speicherdrossel sowie dem Siebkondensator C. Die Schalt- röhre und die Freilaufdiode arbeiten als Umschalter. Bei Durch- schalten der Röhre fließt Strom von der Batterie durch die Röhre und die Speicherdrossel in den Last- widerstand. Gleichzeitig wird in der Speicherdrossel Energie gespeichert. Wird die Röhre gesperrt, dann fließt aufgrund der in der Drossel gespeicherten Energie ein gleich großer Strom über Freilaufdiode und Speicherdrossel in den Lastwiderstand. Das Tastverhältnis V_T , d. h. das Verhältnis von Einschaltzeit zu Periodendauer bestimmt die Ausgangsspannung. Bei $V_T = 0$ ist die Ausgangsspannung 0 und bei $V_T = 1$ ist sie gleich der Batteriespannung. Dazwischen ändert sie sich proportional zum Tastverhältnis.

Die Schaltfrequenz liegt im allgemeinen zwischen 50 und 80 kHz. Da Speicherdrossel und Siebkondensator einen Tiefpaß bilden, wird von dem PDM-Signal nur der niederfrequente Anteil durchgelassen. Die Pulsdauermodulation dient damit nur als Hilfs- mittel, um den Wirkungsgrad zu erhöhen. An der

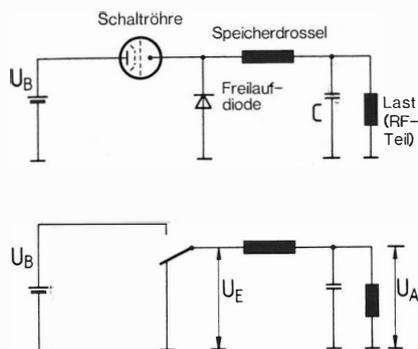


Bild 5

PDM-Grundschiung mit Ersatzschaltbild

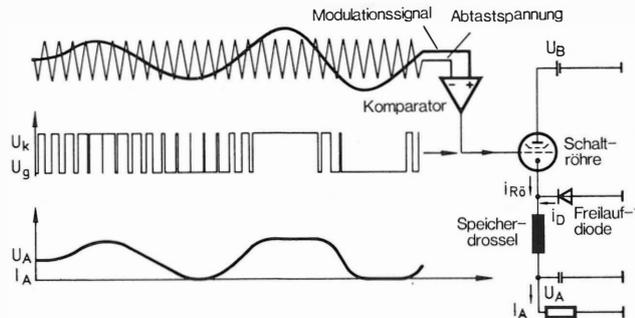


Bild 6

PDM-Signalaufbereitung

Anode der RF-Endstufe tritt sie nur noch stark ge- dämpft in Erscheinung. Nimmt man die Speicherdrossel als verlustlos an und bilden Röhre und Diode einen idealen Schalter, so ist der Wirkungsgrad 100 %. Wegen der Verluste werden in der Praxis nur Wirkungsgrade von 95 % erreicht.

Die Umformung des Modulationssignals in ein pulsdauermoduliertes Signal in **Bild 6** gezeigt. Ein Komparator vergleicht das NF-Signal mit einer dreieckigen Abtastspannung. Ist das Modulationssignal positiver als die Abtastspannung, dann gibt der Komparator eine positive Spannung ab, mit der die Schalt- röhre eingeschaltet wird. Im umgekehrten Fall wird die Röhre gesperrt. Durch Verschieben des Gleichspannungswertes zwischen oberer und unterer Spitze der Abtastspannung läßt sich die relative Einschaltzeit der Schalt- röhre zwischen 0 und 100 % verändern. Damit läßt sich die Ausgangsspannung und auch die RF-Trägerleistung einstellen, ohne den Wirkungsgrad zu verringern. Von dieser Möglichkeit wird bei der Trägersteuerung Gebrauch gemacht.

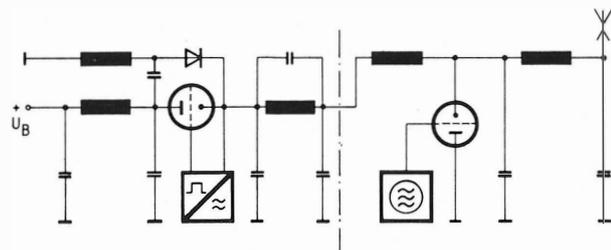


Bild 7

Praktische Ausführung eines PDM-Senders

Anhand von **Bild 6** läßt sich eine weitere Eigen- schaft des PDM-Verstärkers erklären. Wird das Ein- gangssignal positiver oder auch negativer als die Ab- tastspannung, so tritt eine wirksame Begrenzung des Signals ein. Die RF-Endröhre kann somit nicht über- steuert werden.

Die praktische Ausführung eines PDM-Senders nach dem PANTEL³-Verfahren ist in **Bild 7** gezeigt. Durch eine Speicherspule mit 2 Wicklungen vermeidet man bei diesem Verfahren den Einfluß störender Kapazitäten, wie er bei der PDM-Grundschiung auftritt.

³ Puls-Anoden-Modulation nach AEG-Telefunken.

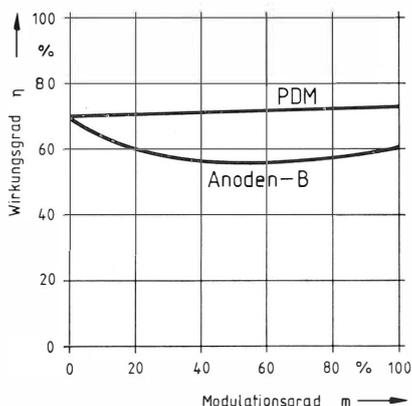


Bild 8

Wirkungsgradvergleich von Anoden-B- und PDM-Sendern

Der Verlauf des Wirkungsgrades von PDM-Sendern im Vergleich zu dem von Sendern mit Anoden-B-Modulation ist in **Bild 8** dargestellt. Der Gesamtwirkungsgrad von PDM-Sendern ist vom Modulationsgrad nahezu unabhängig, während der von Sendern mit Anoden-B-Modulation gerade bei mittleren Modulationsgraden von 30 bis 40 %, wie sie im LW-, MW- oder KW-Bereich üblich sind, stark abnimmt. Aufgrund der Verluste liegen die Gesamtwirkungsgrade deutlich unter den theoretisch möglichen Werten [5].

4. Besonderheiten von PDM-Sendern

Die Einführung neuer Techniken wirft erfahrungsgemäß auch Fragen oder Probleme auf, die bei der konventionellen Technik nicht auftraten. Das Spektrum eines PDM-Signals enthält neben den Modulationsfrequenzen eine Vielzahl von unerwünschten Spektralkomponenten. Diese Mischprodukte entstehen durch Modulation des Trägers mit der Schaltfrequenz und deren Harmonischen sowie durch Harmonische der Schaltfrequenz selbst. Durch einen Tiefpaß am Ausgang des PDM-Verstärkers werden die unerwünschten Spektralanteile abgesenkt. Somit stellt sich die Frage, wie stark diese unerwünschten Spektralkomponenten abgesenkt werden müssen.

Grenzwerte für unerwünschte Aussendungen sind in den CCIR-Empfehlungen 328-4 und 329-3 festgelegt. Faßt man die Mischprodukte der Schaltfrequenz als Nebenaussendung auf, so müssen diese mindestens 40 dB unter der Trägerleistung liegen, ohne den Wert von 50 mW zu überschreiten. Bei einem 500-kW-Sender müssen die Harmonischen der Schaltfrequenz also mindestens 70 dB unter dem Träger liegen. Da die Mischprodukte der Schaltfrequenz selbst auch wieder moduliert sind, kann man deren Seitenbänder auch als ein Ergebnis des Modulationsprozesses ansehen. In diesem Fall wären die Seitenbänder wie Randaussendungen zu behandeln und die Grenzwerte der CCIR-Empfehlung 328-4 einzuhalten.

Welcher Wert im Senderpflichtenheft gefordert werden wird, ist zur Zeit noch offen. Vorstellbar wäre auch eine Forderung, wie sie an dekadische Steuerstufen (nämlich 70 dB) gestellt wird. In jedem Fall sollte dieser Grenzwert jedoch so festgelegt werden,

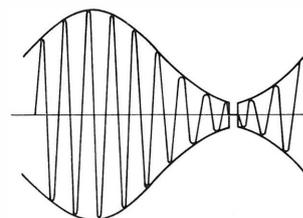


Bild 9

Unterstrichverzerrungen bei PDM-Sendern

daß der Aufwand an Filterung wirtschaftlich vertretbar ist.

Bei konventionellen Sendern mit Anoden-B-Modulation können bei hohen Modulationsgraden starke nichtlineare Verzerrungen entstehen. Deshalb wird im Senderpflichtenheft für 80 % Modulationsgrad ein maximaler Klirrfaktor von 2 % vorgeschrieben. Dieser Klirrfaktor ist auch mit PDM-Sendern einzuhalten. Bei Modulationsgraden von 90 % entstehen jedoch für das PDM-Verfahren charakteristische Unterstrichverzerrungen, die in **Bild 9** der Deutlichkeit wegen in verzerrem Maßstab dargestellt sind. Die Impulsbreite des PDM-Signals kann wegen der vorhandenen Kapazitäten (Schaltung, Röhre) einen bestimmten Wert nicht unterschreiten. Wegen der geringen Auftrittswahrscheinlichkeit hoher Amplituden geschieht dies sehr selten. Es ist daher fraglich, ob dieses Verhalten zu wahrnehmbaren Verzerrungen führen kann, insbesondere weil der Hüllkurvendemodulator im Empfänger bei hohen Modulationsgraden ohnehin starke Signalverzerrungen erzeugt.

5. Dynamikgesteuerte Amplitudenmodulation (DAM)

Sicherlich wird sich der Wirkungsgrad von Großsendern in Zukunft noch verbessern lassen. Unbefriedigend bleibt jedoch die Tatsache, daß der Träger, der den größten Leistungsanteil ausmacht, mit ausgesendet wird. Selbst bei 100 % Modulationsgrad enthalten beide Seitenbänder nur die Hälfte der Trägerleistung. Da Rundfunkprogramme in der Praxis nur geringe effektive Modulationsgrade aufweisen, wird der Unterschied in den ausgesendeten Leistungen noch krasser. Deshalb wurde schon in den dreißiger Jahren ein Verfahren vorgeschlagen, wonach der Träger in Abhängigkeit vom Modulationsgrad gesteuert werden sollte. Leider ist dieses HAPUG-Verfahren, nach seinen Erfindern Harbich, Pungs und Gerth benannt, über einen Versuchsbetrieb nicht hinausgekommen. Der Wirkungsgrad der verwendeten Vorstufenmodulation war nicht besser als der Wirkungsgrad bei der Anoden-B-Modulation. Eine Trägersteuerung durch Veränderung der Anodenspannung war aus technischen und wirtschaftlichen Gründen damals noch nicht möglich.

Bei PDM-Sendern ist man jetzt in der Lage, über das Tastverhältnis die Trägerleistung zu verändern und damit eine dynamikgesteuerte PDM (DAM) durchzuführen [4]. Um die mögliche Energieeinsparung sowie den Einfluß auf die Programmqualität untersuchen zu können, war von der Firma AEG-Telefunken ein DAM-Versuchsgerät zur Verfügung gestellt worden [6].

5.1. Energieeinsparung

Die erreichbare Energieeinsparung hängt sehr wesentlich von der Programmstruktur (mittlere Aussteuerung und Dynamik) und dem Zusammenhang zwischen Trägeramplitude und Aussteuerung ab. Einige mögliche Regelkennlinien für DAM-Sender sind in **Bild 10** dargestellt. Die höchste Energieeinsparung wird mit einem Trägerrest $\rho = 0$ erreicht. Der Modulationsgrad beträgt in diesem Fall bei jeder Aussteuerung 100 %. Aus praktischen Gründen (Vermeiden von starken Einschwingvorgängen, Empfängergerauschen während der Modulationspausen) muß man jedoch einen Restträger beibehalten. Eine geknickte Regelkennlinie nach **Bild 10** liefert eine erheblich höhere Energieeinsparung als eine lineare. Neben Trägerrest und Regelkennlinie spielen auch die Regelzeitkonstanten und die Dynamikkompression des Modulationssignals eine entscheidende Rolle bei der Energieeinsparung. Die gleichen Parameter können bei ungünstiger Dimensionierung aber auch die möglichen Störungen bestimmen.

Da die RF-Trägeramplitude programmabhängig ist, muß für die Versuche ein Testprogramm mit repräsentativer Amplitudenverteilung verwendet werden. Deshalb wurde für die Ermittlung der Energieeinsparung ein Testband mit knapp 2 Stunden Programmdauer verwendet, das vom NDR (1. Programm) aufgezeichnet wurde und annähernd die gleiche Amplitudenverteilung wie ein Wochenprogramm besitzt. Die Modulationsbandbreite wurde mit einem sogenannten AK-5-Tiefpaß auf 4,2 kHz begrenzt [7]. Der mittlere Aussteuerungsgrad dieses Bandes betrug ohne Kompression 20 %. Es wurde mit und ohne Kompression der Dynamik gemessen. Bei den Messungen mit Kompression wurde ein NTP-Kompressor 179-120 mit folgender Einstellung verwendet:

Kompressionsgrad	9 dB,
Kompressionsverhältnis	3 : 1,
Ansprechzeit	0,1 ms,
Rücklaufzeit	250 ms.

Die Anstiegszeit des Trägers betrug beim DAM-Versuchsgerät 0,2 ms, die Rücklaufzeit 100 ms.

Zum Zwecke höherer Energieeinsparungen wurde eine geknickte Kennlinie (**Bild 10**) verwendet. Unterhalb einer bestimmten Aussteuerungsgrenze bleibt damit der RF-Träger konstant (z. B. 50 %), während sich der Modulationsgrad ändert. Oberhalb dieser Grenze bleibt der Modulationsgrad konstant (z. B. 100 %), dafür ändert sich die Amplitude des RF-Trägers. Da so hohe Modulationsgrade in vielen Empfängern bereits zu starken Verzerrungen führen, wurde der besseren Verträglichkeit wegen die Kennlinie um 15 % verschoben, so daß der Modulationsgrad am Kennlinienknick bei 70 % liegt und danach auf maximal 100 % ansteigt (**Bild 10**, gestrichelte Kurve). Dadurch wird auch bei kritischen Programmpassagen (Piano/forte-Übergänge) die Empfangsqualität deutlich verbessert. Zum anderen werden durch diesen Versatz auch im Sender die nicht-linearen Verzerrungen (Randaussendungen) verringert.

Die für diese Kennlinie bei verschiedenen Trägerrestwerten ermittelte Energieeinsparnis sowie die Ab-

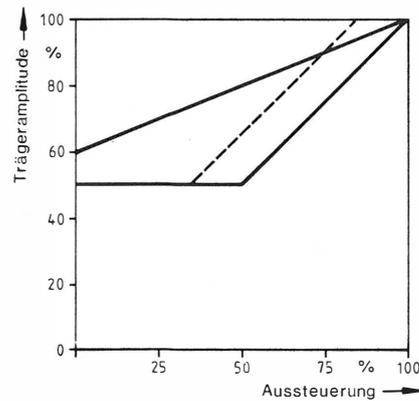


Bild 10
Regelkennlinien für DAM-Sender

hängigkeit der mittleren Trägerleistung von der Restträgeramplitude ist in **Bild 11** dargestellt. Man sieht deutlich den Unterschied zwischen komprimierten und unkomprimierten Aussendungen.

5.2. Beeinflussung des Störabstandes

Beim Empfang von DAM-Sendern können sich veränderte Störverhältnisse ergeben, die durch die Änderungen der Trägeramplitude bedingt und auf die Regeleigenschaften der Empfänger zurückzuführen sind, da die Seitenbandleistung von DAM-Sendern und konventionellen AM-Sendern gleich bleibt.

Der verminderte Träger bewirkt eine automatische Anhebung der Verstärkung. Dadurch wird das Nutzsignal zusätzlich komprimiert. Dies führt zum Eindruck einer Erhöhung der mittleren Lautstärke. Diese Erhöhung wird in der Regel vom Zuhörer am

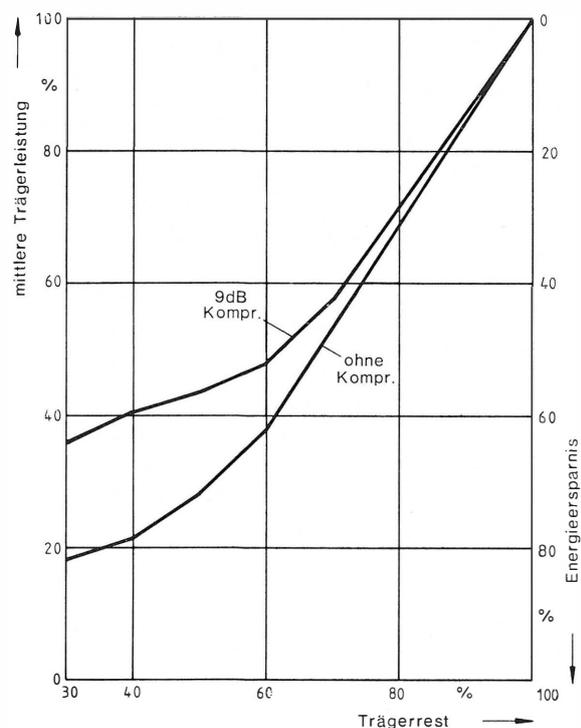


Bild 11
Zusammenhang zwischen Trägerleistung, Energieeinsparnis und Trägerrest
(geknickte Kennlinie)

Lautstärkesteller ausgeglichen werden. In gleichem Maße wie das Nutzsignal werden im Mittel auch Störungen durch Rauschen oder Signale anderer Sender angehoben. Die Störabstände bleiben unverändert.

Bei der Betrachtung zum Störverhalten stellen die Modulationspausen des Nutzsenders, der mit Trägersteuerung arbeitet, den kritischsten Fall dar. Während dieser Zeit geht die Trägeramplitude auf den Restträger zurück. Dabei werden Rauschen und Störungen stärker angehoben als bei einem mittleren Modulationssignal. Dieser Effekt wird auch durch den erwähnten Lautstärkeausgleich nicht völlig kompensiert. Es kann daher der Eindruck leicht erhöhter Störungen entstehen, wobei die Zunahme dem Verhältnis von mittlerer Trägeramplitude zu Restträger entspricht. Die Zusammenhänge zwischen effektivem Modulationsgrad m , Energieersparnis $\Delta E/\hat{E}$, relativer Trägeramplitude U_T/\hat{U}_T und Anhebung ΔA der Störungen sind in **Tabelle 1** dargestellt. Für kleinere mittlere Modulationsgrade liegt die mittlere Trägeramplitude etwa bei 60% und die Energieersparnis somit bei 64% ($1 - 0,6^2$).

m %	$\Delta E/\hat{E}$ (%)	U_T/\hat{U}_T (%)	ΔA (dB)
10	64	60	0
20*	61	62*	0,3
40*	52	69*	1,2

60 % Restträger, geknickte Regelkennlinie

* Meßwerte

Tabelle 1
Anhebung von Störgeräuschen (ΔA) während der Modulationspausen

Für das unkomprimierte Programm wurden ein mittlerer Aussteuerungsgrad von $m = 20\%$ und eine mittlere Trägeramplitude von 62% ermittelt. Damit erhält man eine Energieeinsparung von 61%. In den Modulationspausen werden Rauschen und Störungen im Verhältnis 0,62/0,60 angehoben, das entspricht etwa 0,3 dB. Für das komprimierte Signal werden die Verhältnisse etwas ungünstiger, da der mittlere Aussteuerungsgrad hier wesentlich höher ist. Bei einem mittleren Modulationsgrad von $m = 40\%$ ergibt sich eine mittlere Trägeramplitude von 69%. Die Energieeinsparung geht auf 52% zurück, während die Störungen in den Modulationspausen um 1,2 dB angehoben werden.

5.3. Beurteilung der Empfangsqualität

Bei sogenannten Piano/forte-Übergängen kann schon im Sender Übermodulation entstehen, wenn der geregelte Träger dem ansteigenden Modulationssignal nicht schnell genug folgen kann. Dies wird durch Dynamikeinengung während der Trägeranstiegszeit (gesteuerter Klipper), durch Verschiebung der Trägerkennlinie sowie durch kurze Anstiegszeiten wirksam verhindert.

Bei der Verwendung üblicher Rundfunkempfänger mit Hüllkurvendemodulator im AM-Teil könn-

+ 3	B ist	deutlich besser	als A
+ 2	B ist	besser	als A
+ 1	B ist	etwas besser	als A
0	B ist	gleich gut (bzw. schlecht)	wie A
- 1	B ist	etwas schlechter	als A
- 2	B ist	schlechter	als A
- 3	B ist	deutlich schlechter	als A

Bild 12

7stufige Vergleichsskala nach CCIR-Empfehlung 562

ten jedoch hörbare Verzerrungen entstehen. Um zu überprüfen, inwieweit die dadurch entstehenden Störungen wahrnehmbar sind, wurde für Trägerrestwerte zwischen 30 und 70% ein Hörtest durchgeführt. Als Modulation wurden drei Motive (Sprache, Klaviermusik, Fanfare) von etwa 10 Sekunden Dauer verwendet, die hinsichtlich der Aussteuerung und ihrer Piano/forte-Übergänge besonders kritisch waren. Auch für den Hörtest wurde das Modulationssignal mit einem AK-5-Tiefpaß auf 4,2 kHz Bandbreite begrenzt. Das ausgesendete RF-Signal wurde dann mit Hilfe eines Meßempfängers (EK 56, R & S), dessen Bandbreite auf 3,0 kHz eingestellt wurde, empfangen und nach der Demodulation auf Band aufgezeichnet. Da die überwiegende Zahl der MW-Sender ein komprimiertes Modulationssignal aussendet, wurden alle Beispiele sowohl mit als auch ohne Kompression aufgezeichnet (Werte siehe Abschnitt 5.1., aber automatische Rücklaufzeit). Die so erhaltenen Bandausschnitte wurden von 20 Testpersonen nach der 7stufigen Vergleichsskala (CCIR-Empfehlung 562) im AB-Vergleich (siehe **Bild 12**) bewertet. Zur Erhöhung der Bewertungssicherheit wurden sogenannte „Nullvergleiche“ ($A = B$) in den Test mit einbezogen. Dadurch war es möglich, Personen mit zu hoher Fehlerrate beim „Nullvergleich“ von der Auswertung auszuschließen. Das Ergebnis des Hörtests ist für verschiedene Trägerrestwerte in **Bild 13** (ohne Kompression) und in **Bild 14** (mit 9 dB Kompression) dargestellt.

Bei allen drei Motiven wurden im unkomprimierten Zustand ab 60% Trägerrest praktisch kaum noch Unterschiede wahrgenommen, d. h. normale AM und DAM wurden nahezu gleich bewertet. Die Qualitätsminderung w betrug bei Sprache und Klaviermusik etwa eine viertel Note, wobei eine volle Note der Bewertung „etwas schlechter“ entspricht.

Bei Kompression fällt die Beurteilung der Klaviermusik im Vergleich zu den beiden anderen Motiven ungünstiger aus. Selbst bei 70% Trägerrest beträgt die Qualitätsminderung noch etwas mehr als eine Note (etwas schlechter). Allerdings muß erwähnt werden, daß bei diesem Motiv aus einer kritischen Passage von etwa einer Minute Dauer die kritischsten 10 Sekunden ausgewählt wurden, eine Passage also, wie sie nur zu verschwindend geringem Anteil im Programm enthalten ist. Hinzu kommt, daß der

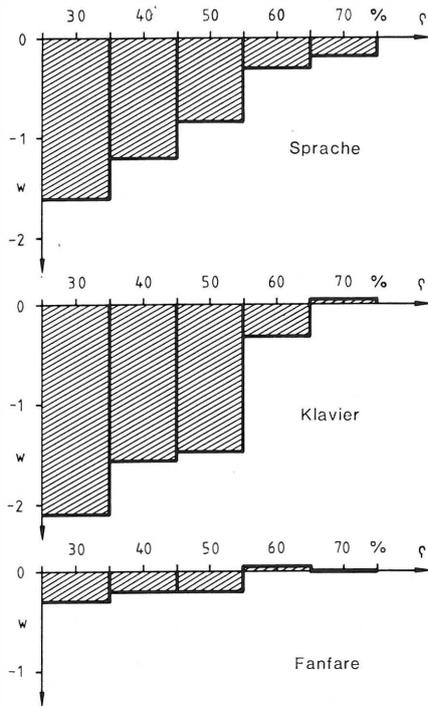


Bild 13
Qualitätsvergleich zwischen DAM und AM
(ohne Kompression)

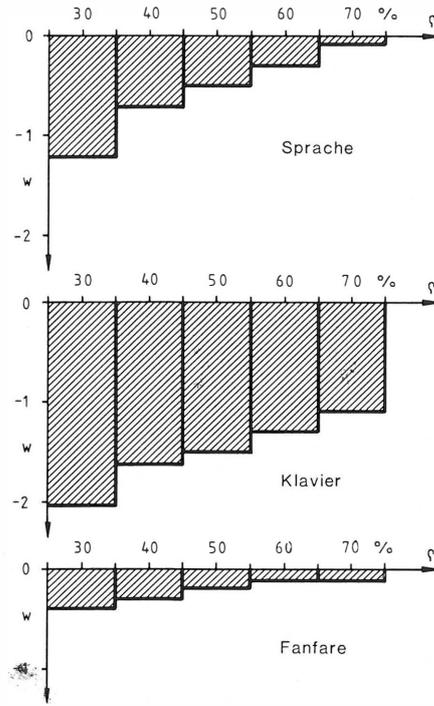


Bild 14
Qualitätsvergleich zwischen DAM und AM
(9 dB Kompression)

verwendete Kompressor allein schon zu einer deutlichen Qualitätseinbuße (Regelgeräusche) führte, so daß zwei gestörte Programmstücke miteinander verglichen wurden.

5.4. Trägerfading

Vom selektiven Fading soll hier nur das Trägerfading betrachtet werden, das zu besonders unangenehmen Signalverzerrungen führen kann. Aufgrund des zu geringen Trägeranteils ist das Signal dann meistens übermoduliert. Diese Übermodulation führt bei Demodulation mit einem Hüllkurvendemodulator zu häßlichen Verzerrungen. Da bei DAM der Modulationsgrad erhöht wird, kann bei Trägerfading eher Übermodulation entstehen. Ein Hörtest hierzu zeigte jedoch, daß lediglich bei geringen Schwundtiefen bis 6 dB die Qualität des DAM-Signals etwas schlechter bewertet wurde. Bei größeren Schwundtiefen ist die Qualität des konventionellen AM-Signals selbst bereits so schlecht, daß keine nennenswerten Unterschiede mehr festgestellt werden konnten.

6. Einseitenbandrundfunk

Noch mehr Energie läßt sich beim Übergang zur Einseitenbandtechnik einsparen, zumindest dann, wenn der Träger stark reduziert wird. Während bei DAM die Kompatibilität gewahrt bleibt, ist dies bei SSB nicht mehr der Fall, d. h. SSB-Aussendungen können mit den existierenden Zweiseitenbandempfängern nur mit einer verminderten Qualität empfangen werden.

Man hat sich daher innerhalb der UER [8] Gedanken darüber gemacht, wie der Übergang zu einem SSB-System vollzogen werden könnte. Die Überlegungen sind zwar vorerst noch auf den KW-Bereich

beschränkt, da die Frequenzbänder dort noch stärker überbelegt sind als im LW- und MW-Bereich, doch werden sie sicherlich auch auf diese Bereiche ausgedehnt werden. Die Überlegungen gehen davon aus, daß während einer Übergangsperiode von 10 bis 20 Jahren der Träger (gegenüber PEP⁴) nur geringfügig, z. B. 4,5 bis 6 dB, reduziert wird. Auf diese Weise sollte es möglich sein, SSB-Sendungen mit herkömmlichen Empfängern, wenn auch mit verminderter Qualität zu empfangen. Nach dieser Übergangsperiode wird dann, wenn inzwischen genügend SSB-Empfänger auf dem Markt vorhanden sind, der Träger auf -12 dB reduziert.

Der Bau neuartiger SSB-Empfänger setzt jedoch die Inbetriebnahme von SSB-Sendern voraus. Um die Rundfunkanstalten entsprechend zu motivieren, sollten die mit der Umstellung verbundenen Kosten sich durch Energieeinsparungen in wenigen Jahren amortisieren. Welche Energieeinsparnis unter den erwähnten Voraussetzungen möglich ist, soll näher erläutert werden.

Um die erforderlichen RF-Leistungen miteinander vergleichen zu können, wird vorausgesetzt, daß mit beiden Systemen die gleiche Versorgung erzielt wird. Geht man davon aus, daß während der Übergangsperiode SSB-Aussendungen mit Zweiseitenbandempfängern empfangen werden, dann bleibt die Rauschbandbreite erhalten. Wegen der Korrelation beider Seitenbänder erhält man hinter dem Hüllkurvendemodulator eine NF-Amplitude, die doppelt so groß ist wie bei Demodulation nur einer Seitenbandamplitude. Daher muß während der Übergangsperiode die Seitenbandleistung bei SSB um den Faktor 4 hö-

⁴ Peak Envelope Power.

her liegen als die Leistung eines Seitenbandes bei DSB. Andererseits besitzt eine SSB-Aussendung nur die halbe RF-Bandbreite einer DSB-Aussendung, gleiche Systembandbreiten vorausgesetzt. Nach der Übergangsperiode kann davon ausgegangen werden, daß nur noch SSB-Empfänger, die annähernd die halbe Rauschbandbreite besitzen, vorhanden sind. Dadurch erhöht sich der Signal-Rauschabstand um etwa 3 dB. Um gleiche Versorgung zu erzielen, muß die Seitenbandleistung bei SSB dann nur noch um den Faktor 2 höher sein.

Unter Berücksichtigung dieser Randbedingungen läßt sich die äquivalente Gesamtleistung bestimmen. Für einen Modulations- oder Aussteuerungsgrad von 100 % läßt sich das radiofrequente Leistungsverhältnis aus **Bild 15** ableiten. Die Gesamtleistung setzt sich aus Träger- und Seitenbandleistung zusammen. Bei der DSB-Aussendung wurde die Trägeramplitude (UZ) auf den Wert 1 normiert, so daß man für die Gesamtleistung den Wert 1,5 erhält. Für gleiche Versorgung muß die Seitenbandamplitude bei SSB (US_{SSB}) um den Faktor k höher liegen. Der Faktor k^2 nimmt während der Übergangsperiode den Wert 4, danach den Wert 2 an. Damit erhält man für 6 dB Trägerreduzierung die Leistungsverhältnisse $R1 = 0,67$ (für $k^2 = 2$) und $R2 = 1,33$ (für $k^2 = 4$). Die Leistungsverhältnisse für andere Trägerreduzierungen oder Modulationsgrade lassen sich auf ähnliche Weise oder allgemein nach folgender Gleichung bestimmen:

$$R = k^2 \frac{(10^{-a/20} - 1)^{-2} + m^2}{4 + 2m^2}$$

Dabei ist a die Trägerreduzierung und m der Modulationsgrad bzw. der Aussteuerungsgrad.

Die tatsächliche Leistungsaufnahme erhält man unter Berücksichtigung der Wirkungsgrade, da diese für DSB- und SSB-Sender unterschiedlich sind. In der konventionellen Technik arbeiten die SSB-Endstufen gewöhnlich als Linearverstärker, um Intermodulationsprodukte wegen der erforderlichen Seitenbandunterdrückung gering zu halten. Der Wirkungsgrad beträgt hier nur knapp 30 % (A- bis B-Betrieb), während man bei Anoden-B-Modulation, wie bereits erwähnt, Wirkungsgrade von knapp 60 % erreicht. Das bedeutet, daß die nach **Bild 15** erhaltenen Werte bei der Betrachtung der Leistungsaufnahme der Sender noch mit dem Faktor 2 zu multiplizieren sind. Auf diese Weise erhält man die in **Tabelle 2** dargestellten äquivalenten Leistungsver-

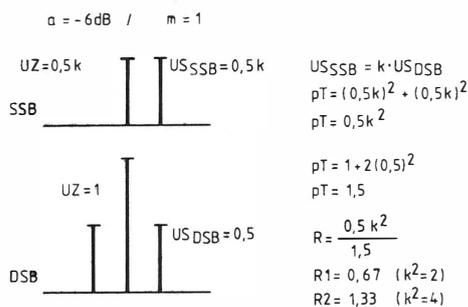


Bild 15

Leistungsverhältnis von DSB und SSB bei gleicher Versorgung (6 dB Trägerreduzierung)

Trägerreduzierung (dB)	Leistungsaufnahme SSB/DSB	
	$m = 100\%$	$m = 40\%$
4,5	4,25	4,33
6	2,68	2,16
12	1,48	0,50
12*	0,74	0,25

* Nach der Übergangsphase

Tabelle 2

Leistungsaufnahme von SSB-Sendern und DSB-Sendern bei gleicher Versorgung

hältnisse. Danach müßte ein SSB-Sender während der Übergangsperiode bei einer Trägerreduzierung von 6 dB und einem Modulationsgrad von 40 % mehr als die doppelte Leistung im Vergleich zu einem Zweiseitenbandsender aufnehmen, um die gleiche Versorgung beizubehalten. Erst bei einer Trägerreduzierung von 8 dB wird das Verhältnis 1. Dieser Wert der Trägerreduzierung ist aber für eine Übergangsperiode indiskutabel.

Günstiger werden dagegen die Verhältnisse, wenn man auch hier die neue Entwicklung bei SSB-Sendern in die Betrachtungen mit einbezieht. Unter gewissen Voraussetzungen läßt sich die PDM-Technik auch auf SSB-Sender übertragen. Um die erforderliche Linearität zu erreichen, wird dabei das Gitter der RF-Endröhre mitmoduliert. Diese SSB-Sender mit Hüllkurvensteuerung erreichen einen Wirkungsgrad von 50 %. Damit wird die Leistungsbilanz schon wesentlich günstiger.

7. Wirtschaftlichkeit

Ausgehend von der konventionellen Anoden-B-Modulation lassen sich die verschiedenen Modulationstechniken jetzt leicht vergleichen. In **Bild 16** wurde ein Anoden-B-Sender mit einer Trägerleistung von 500 kW zum Vergleich gewählt. Bei einem mittleren Modulationsgrad von 40 % und einem Wirkungsgrad von 60 % beträgt die vom Netz aufgenommene Leistung 900 kW. Der PDM-Sender mit einem 10 % höheren Wirkungsgrad nimmt noch 771 kW aus dem Netz auf. Mit einem DAM-Sender lassen sich bei einem Trägerrest von 60 % etwa 50 %

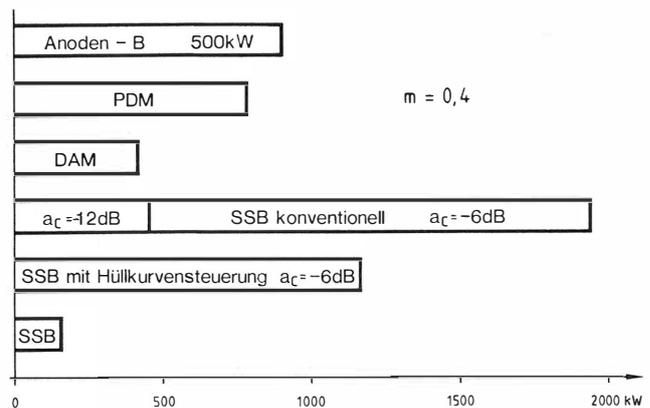


Bild 16

Leistungsaufnahme von AM-Sendern bei gleicher Versorgung

der Trägerleistung einsparen, die Seitenbandleistung bleibt konstant. Damit beträgt die aus dem Netz aufgenommene Leistung nur noch 414 kW, d. h. weniger als die RF-Trägerleistung des Anoden-B-Senders. Bei den heutigen Energiepreisen beträgt die jährliche Ersparnis, verglichen mit einem Anoden-B-Sender, fast 850 000 DM (0,2 DM/kWh).

Der Übergang zu einem SSB-System wird dagegen wesentlich unwirtschaftlicher, ja fast nicht mehr vertretbar, wenn man für die Übergangszeit wenigstens eine Quasikompatibilität beibehalten möchte. Selbst ein SSB-Sender mit Hüllkurvensteuerung nimmt bei 6 dB Trägerreduzierung noch etwa 1160 kW auf. Die wahren Vorteile eines SSB-Systems kämen erst nach der Übergangsperiode zum Tragen, wenn auch SSB-Empfänger verwendet werden. Die aus dem Netz aufgenommene Leistung müßte bei 12 dB Trägerreduzierung und bei Hüllkurvensteuerung (**Bild 16**) nur noch weniger als 1/6 der Leistung (135 kW) eines Senders mit Anoden-B-Modulation betragen. Die weiteren Vorteile, wie Frequenzbandeinsparung und geringere Empfindlichkeit gegen Fading durch Verwendung eines Produktdemodulators, sollen der Vollständigkeit wegen auch nicht unerwähnt bleiben.

SCHRIFTTUM

- [1] Prokott, E.: Modulation und Demodulation. Elitera Verlag, Berlin 1975.
- [2] Krebs, H.; Kroll, D.; Lodahl, M.; Wysocki, B.: Wirkungsgradverbesserung der Tetrodenendstufe durch Zusatz von Harmonischen der Trägerschwingung sowie Energieeinsparung durch dynamikgesteuerte Pulsdauermodulation (PDM). Bundesministerium für Forschung und Technologie. Forschungsbericht T-81-163. Fachinformationszentrum, Karlsruhe 1981, ISSN 0340-7608.
- [3] Wysocki, B.: Pulsdauermodulation für Hochleistungsrundfunksender. Rundfunktech. Mitt. 21 (1977), S. 153 bis 157.
- [4] Lodahl, M.: Neue Rundfunksenderfamilie für Mittelwelle und Kurzwelle. Rundfunktech. Mitt. 21 (1977), S. 145 bis 152.
- [5] Gschwindt, A.: Betrachtungen über zukünftige Senderkonzepte für den amplitudenmodulierten Tonrundfunk. Rundfunktech. Mitt. 15 (1971), S. 201 bis 205 und EBU-Rev. Tech. (1971), No. 129, S. 194 bis 199.
- [6] Mielke, J.; Petke, G.: Neue Messungen zur Energieeinsparung mit dynamikgesteuerter Amplitudenmodulation. Tech. Ber. Nr. 36 des IRT, München, September 1981.
- [7] Eden, H.: Ein Filter zur Bandbreitenbegrenzung von audiodifferenten Modulationssignalen im Lang- und Mittelwellenrundfunk. Rundfunktech. Mitt. 22 (1978), S. 146 bis 148.
- [8] EBU: Third Meeting of Specialist Group R1/HF of Subgroup R1. Doc. GT R1 190. Hrsg. v. d. Tech. Zentrale der UER, Brüssel, März 1981.

BEURTEILUNG UND STAND DER FERNSEHTONQUALITÄT BEIM DIFFERENZTRÄGER-TONEMPfang

VON GÜNTER SCHNEEBERGER¹

Manuskript eingegangen am 23. März 1982

Fernsehtonqualität

Zusammenfassung

Die meßtechnische Beurteilung der Fernsehstörungen erfolgt mit einem für alle Rundfunkdienste international einheitlich festgelegten Verfahren. Die dominierenden Störungen beim allgemein angewandten Differenzträger- oder Inter-carrier-Verfahren werden vom Bildträger und seiner Modulation verursacht. Durch neue Empfängerkonzepte ist es gelungen, die durch Schriftzüge und ähnliche Bildmuster verursachten besonders starken Störungen weitgehend zu vermeiden.

Für die Beurteilung der Tonstörungen, die von der Phasenstörmodulation des Bildträgers herrühren, werden Standardtestsignale herangezogen. Sie liefern einen oberen und einen unteren Grenzwert für den Störabstand. Durch Messungen mit Programmsignal konnte das Zeitverhalten des Störabstandes bei gegebenen Grenzwerten erfaßt werden. Pflichtenheftsorderungen für Fernsehsender und Messungen an Heimempfängern werden diskutiert.

Summary Appraisal and state of television sound quality with intercarrier sound reception

The appraisal by measurement of interference with television sound is effected by means of an international method, uniformly determined for all broadcasting services. With all the intercarrier methods adopted, the most serious disturbances are caused by the vision carrier and its modulation. New receiver designs have made it possible to a large extent to avoid the particularly disturbing interference caused by sub-titles and similar picture patterns.

For the appraisal of sound degradations that are due to the incidental phase modulation of the vision carrier, use is made of standardised test-signals. These supply an upper and a lower limit value for the signal-to-noise ratio. Measurements with the programme signal made it possible to determine the time distribution of the signal-to-noise ratio within the given limit values. The author then discusses the specification requirements for television transmitters and measurements on domestic television receivers.

Sommaire Evaluation de la qualité du son de la télévision démodulé par la méthode interporteuse

On mesure le brouillage qui affecte le son de la télévision grâce à une méthode normalisée sur le plan international pour tous les organismes de radiodiffusion. Les principaux brouillages subis par les systèmes actuels à démodulation interporteuse sont causés par la porteuse vidéo et par sa modulation. L'adoption d'un nouveau principe pour les récepteurs permet d'éviter en grande partie les brouillages particulièrement importants provoqués par les sous-titres ou structures similaires de l'image.

On utilise des signaux d'essai normalisés pour évaluer les brouillages du son par la modulation de phase de la porteuse vidéo. Ces signaux déterminent des limites supérieures et inférieures du rapport signal/bruit. Des mesures réalisées à l'aide du signal de programme permettent de déterminer la distribution temporelle du rapport signal/bruit dans les limites fixées. L'auteur examine les caractéristiques nécessaires pour les émetteurs de télévision et les mesures à effectuer sur les récepteurs grand public.

1. Beurteilung der Fernsehtonqualität

Seit Beginn der Fernsehtechnik wurde der Qualität des Fernsehtons geringere Aufmerksamkeit gewidmet als der des Bildes. In jüngster Zeit mehrten sich jedoch – auch im Zusammenhang mit anderen Entwicklungen – die Wünsche nach höherer Tonqualität. So sollten bei der neueingeführten Zweikanaltonübertragung Musiksendungen in Stereo mit einer gewissen Mindestqualität beim Teilnehmer ankommen; diese Vorstellung verbindet sich jedenfalls mit dem Begriff Stereo. Für den zukünftigen Satelliten-Fernsehrundfunk werden digital codierte Fernsehtonsignale erwogen. Die dabei erreichbare Qualität sollte beim Nachschalten von Anlagen mit herkömmlicher Tonübertragung nicht allzusehr reduziert werden. Nicht zuletzt scheint ein verbesserter Fernsehton mehr und mehr als zusätzliches Verkaufsargument für Heimempfänger zu dienen. Die vorliegende Arbeit befaßt sich daher mit der Qualitätsbeeinträchtigung des Fernsehtons, beschränkt sich dabei aber auf die wesentlichste Ursache, nämlich das Auftreten von Tonstörsignalen.

1.1. Subjektive Beurteilung und Qualitätsanforderungen

Bei der Bewertung der Tonqualität durch den Fernsehteilnehmer können fernsehspezifische subjektive Vorgänge mitwirken. An gewisse typische Tonstörungen kann sich der Teilnehmer gewöhnen, so daß er sie als „zum Fernsehen gehörig“, aber nicht als störend empfindet. Je nach Wichtigkeit der Informationen von Bild und Ton kann die Aufmerksamkeit mehr auf das Bild gelenkt sein, wodurch Beeinträchtigungen im Ton weniger stark empfunden werden. Andererseits weist der Fernsehton größere Pausen auf als z. B. durchschnittliche Hörfunkprogramme, so daß Störsignale mehr zur Geltung kommen. Da aber solche Vorgänge nicht näher untersucht sind und auch wesentlich vom Bewußtseinsstand des Beobachters abhängen dürften, sollten sie bei einer objektivierenden, also meßtechnischen Beurteilung der Tonqualität nicht berücksichtigt werden.

Die an sich bedauerlich geringe Qualität der Lautsprecher vieler Heimempfänger mindert auch die Wirkung der Tonstörungen. Bei der Wiedergabe über hochwertige Kopfhörer oder Lautsprecher dagegen werden dem Zuhörer die Störungen in vollem Umfang vermittelt. Deshalb können in Zukunft für Zweit- und Stereotonsendungen Qualitätsanforde-

¹ Dipl.-Ing. Günter Schneeberger ist Wissenschaftlicher Mitarbeiter im Arbeitsbereich Automationstechnik Sendermeßtechnik im Institut für Rundfunktechnik, München.

rungen an die Tonübertragung ähnlich denen bei Hörfunk entstehen.

1.2. Meßtechnische Beurteilung

Zur schnellen, wirtschaftlichen und objektiven Beurteilung von Störsignalen in Rundfunkanlagen wurde international ein Meßverfahren in der CCIR-Empfehlung 468-3 verbindlich festgelegt [1]. Es bildet die frequenzabhängige Bewertung und das Impulsverhalten des durchschnittlichen menschlichen Gehörs nach. Bei der Auswahl des Verfahrens lagen sehr verschiedenartige Störgeräusche zugrunde [2], dennoch wird seine Brauchbarkeit für typische Fernsehstörungen häufig bezweifelt. Dies wird vor allem mit der zeilenfrequenten Dauerkomponente begründet, deren subjektive Wirkung mit diesem Verfahren nicht richtig erfaßbar ist. Wenn man jedoch berücksichtigt, daß selbst bei den ursprünglich zugrundegelegten Störgeräuschen eine Unsicherheit des Meßverfahrens bis zu 5 dB gegenüber dem subjektiven Eindruck besteht, kann man annehmen, daß dieses Verfahren auch bei Fernsehstörungen gleichermaßen brauchbar ist, solange die zeilenfrequenten Störungen nicht dominieren. Es wäre auch sicher problematisch, ein weiteres Verfahren nur für Fernsehzwecke einzuführen; die Vergleichbarkeit von Meßwerten verschiedener Dienste würde insgesamt eher erschwert als erleichtert.

Das Meßverfahren ist zwar für alle Rundfunkanlagen bestimmt, wird aber von der Konsumelektronikindustrie nicht einheitlich akzeptiert. Es besteht nämlich das Dilemma, daß Messungen mit anderen, älteren Bewertungsverfahren durchweg bessere Werte liefern, also höhere Qualität vortäuschen und werbewirksamer sind. Meßwerte ohne klare Angabe des Meßverfahrens können somit leicht zu Irrtümern führen und sind daher wertlos. Auch deshalb erscheint eine Modifikation des Meßverfahrens nach [1] für Fernsehzwecke nicht wünschenswert; die Gefahr von Fehldeutungen würde sicher vermehrt.

Bevor in 4. einige fernsehspezifische Gesichtspunkte der Störabstandsmessung und der derzeitige Qualitätsstand behandelt werden, folgen in 2. eine Zusammenstellung der Störmöglichkeiten und in 3. eine knappe Darstellung der Differenzträger- oder Intercarrierstörungen. Auf die vielfältigen Probleme der eigentlichen Intercarriermeßtechnik soll in einer späteren Arbeit eingegangen werden.

2. Ursachen für Störungen des Fernsehtons

Ein kurzer Überblick soll die wesentlichen Störungen und ihre Bedeutung zeigen.

Die Fernsehtonübertragung mit frequenzmodulierten Tonträgern unterliegt grundsätzlich den gleichen Störeinflüssen wie eine FM-Hörfunkübertragung. Berücksichtigt man auch das Zweiträgerverfahren zur Zweikanaltonübertragung, so sind hier besonders zu nennen:

- a) Übersprechen von einem Tonträger auf den anderen. Zur Vermeidung müssen die Ton-ZF-Teile trennscharf ausgebildet sein.
- b) Verzerrungen („Spuckeffekte“) beim Überschreiten des zulässigen Frequenzhubes. Diese Störungen während der Modulationsspitzen zeigen sich

bei manchen trennscharfen Empfängern für Zweikanaltonübertragung.

Nur dem Fernsehton eigen sind Störungen, die vom amplitudenmodulierten Bildträger herrühren. Durch die wirtschaftlich bedingte gemeinsame Übertragung von Bild- und Tonträgern entstehen die folgenden Probleme:

- c) Kreuzmodulation (AM) des Bildsignals auf die Tonträger. Die damit verbundenen bildsignalabhängigen Tonstörungen wurden in [3] behandelt.
 - d) Phasenmodulation der Oszillatoren zur Frequenzumsetzung (RF/ZF) durch den Bildträger. Unempfindlich gegenüber diesen Störungen ist nur der Differenzträger-Tonempfang.
- Durch die bewußte Verwendung des Bildträgers beim Differenzträger- oder Intercarrierverfahren ergeben sich wiederum Störmöglichkeiten:
- e) Mangelhafte Selektion des Bildträgers bei der Differenzträgerbildung führt zu Tonstörungen bei feinen senkrechten Konturen wie z. B. Schriften [4, 5].
 - f) Aussteuerungsbedingte Phasenfehler des Bildträgers bewirken Tonstörungen bei horizontalen Bildkonturen [6].

Die meisten der aufgeführten Störungen lassen sich durch gezielte Maßnahmen auf der Sende- bzw. Empfangsseite weitgehend vermeiden. Dies gilt auch für die Direktabstrahlung von bild- und zeilenfrequenten Tönen durch die Empfängerchassis [7]. Der Differenzträger-Tonempfang stellt eine wirtschaftlich und technisch bedingte Lösung des Fernsehempfangs dar, die in allen Heimempfängern verwendet wird. Allerdings kann dabei der unter f) genannte Einfluß sowohl sender- als auch empfängerseitiger Bildträgerphasenfehler kaum vermindert werden, so daß die hohe Qualität der Fernsehsender nicht zum Tragen kommen kann.

3. Störungen beim Differenzträger-Tonempfang

Die überwiegenden Störungen des Fernsehtons im Heimempfänger rühren vom Differenzträgerverfahren her. Alle Qualitätsbetrachtungen müssen sich deshalb zunächst darauf konzentrieren. In diesem Abschnitt werden die Differenzträgerstörvorgänge knapp erläutert und in den letzten Jahren erfolgte Verbesserungen dargestellt. Zum leichteren Verständnis wird eine kurze Beschreibung des Differenzträgerverfahrens für einen Tonkanal vorangestellt.

3.1. Prinzip des Differenzträgerempfangs

Zur Bildung des frequenzmodulierten Differenzträgers werden im Empfänger der amplitudenmodulierte Bild-ZF-Träger und der frequenzmodulierte Ton-ZF-Träger gemischt und die Differenz wird ausgesiebt. Die Differenzfrequenz ist dabei unabhängig von der Abstimmung des Tuneroszillators. Außerdem übertragen sich Phasen- und Frequenzschwankungen dieses Oszillators gleichermaßen auf beide ZF-Träger und entfallen bei der Differenzbildung wieder. Zur endgültigen Gewinnung des Tonsignals wird der Differenzträger begrenzt und frequenzmoduliert.

3.2. Störungen bei Schrifteinblendungen

Bei früheren Heimempfängern diente der Demodulator für das Bild-ZF-Signal auch als Mischer zur Differenzträgergewinnung. Der Ton-ZF-Träger mußte dazu um etwa 20 dB gedämpft werden, um sichtbare Intermodulationsprodukte zwischen Bild- und Tonsignalen zu vermeiden. Der entstehende Differenzträger war deshalb ebenfalls entsprechend geschwächt. Die Demodulatoren sind wegen ihres einfachen Aufbaus nichtlinear und bilden Oberwellen und Intermodulationsprodukte der Videosignalkomponenten. Fallen diese in den Frequenzbereich des schwachen Differenzträgers, so führen sie zu Tonstörungen, wie sie als sogenannte „Schriftstörungen“ berüchtigt sind [4]. Vor allem Schriften und ähnlich feine Muster weisen kräftige Komponenten in entsprechenden Frequenzlagen auf. Durch Pegelungsvorschriften [8] ließ sich zwar das Einhalten der Normvideopegel weitgehend erreichen, jedoch traten auch bei normgemäßer Aussteuerung noch unzumutbare Störungen auf [5]. Deshalb versuchte die Empfängerindustrie, die Demodulatoren zu linearisieren, erreichte jedoch nur unbefriedigende Ergebnisse. Dies führte dann zu einem konsequenten, aber etwas aufwendigeren Konzept für Intercarrier-Heimempfänger ähnlich dem, wie es in kommerziellen Empfängern schon seit Jahren eingeführt ist. Es ist unter dem irreführenden Namen „Quasiparallelton“ [9] bekannt geworden. Die Intercarriergewinnung erfolgt dabei mit einem eigenen Mischer. Deshalb können die Pegelverhältnisse von Bild- und Ton-ZF-Trägern – ohne Rücksicht auf die Bildqualität nehmen zu müssen – optimal für die Differenzträgergewinnung eingestellt werden. Außerdem schwächt vor dem Mischer ein zusätzliches Filter die störenden Videokomponenten ab.

Die gefürchteten Schriftstörungen lassen sich mit Quasiparalleltonempfängern vermeiden. Es bleiben aber die von den Phasenfehlern des Bildträgers herführenden Intercarrierstörungen.

3.3. Störungen bei horizontal verlaufenden Konturen

Bei der Aussteuerung zwischen Schwarzwert und Synchronwert oder zwischen Schwarzwert und einem Grauwert kann der Bildträger Phasenänderungen erleiden. Als Ursachen kommen vor allem nichtlineare, aber auch lineare Vorgänge in Verstärker- und Mischstufen des Senders und des Empfängers in Frage. Diese Phasenänderungen übertragen sich auf den Differenzträger und führen bei der Frequenzdemodulation zu bildmodulationssynchronen Tonstörungen. Ihr Höreindruck läßt sich als Brummen und Surren beschreiben.

Dabei wirken sich nur horizontal verlaufende, möglichst über die ganze Bildbreite reichende Konturen des Bildes aus, weil nur sie aus Frequenzkomponenten im Hörbereich aufgebaut sind. Solche Konturen mit intensivem Kontrast findet man gelegentlich in mit Kameras erzeugten Bildern, häufiger und ausgeprägter aber in tricktechnisch oder elektronisch gewonnenen. Die Vertikalaustastung auf den Schwarzwert erzeugt bei hellem oberem oder unterem Bildrand (z. B. heller Himmel) ein BA-Signal mit gleicher Wirkung. Dadurch bewirkt auch jedes strukturelle, aber helle Bild eine Tonstörung. Neben die-

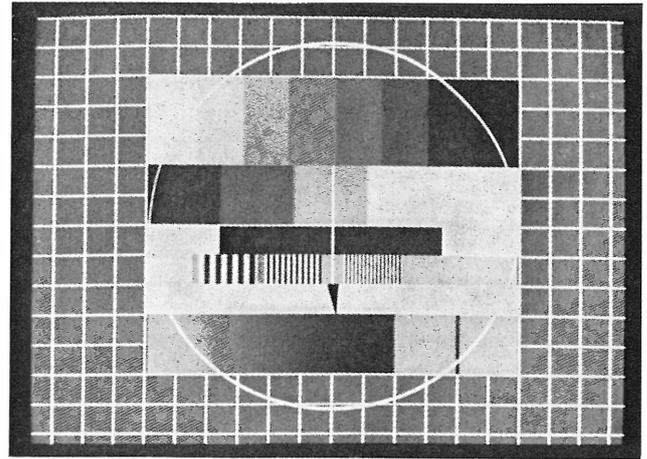


Bild 1
Elektronisches Farbttestbild (FuBK-Farbttestbild)
von ARD, ZDF und DBP

sen zeitlich mit dem Bildsignalinhalt wechselnden Tonstörungen verursachen die Vertikalsynchronimpulse eine zeitkonstante Störung. Diese ist als Grundstörung immer vorhanden und wird von den bildsignalabhängigen Störungen überlagert.

Die Größe sowohl des konstanten als auch des variablen Störanteils hängt vom jeweiligen Phasenfehler des Bildträgers im Synchron- bzw. im BA-Bereich ab. Fehler im Sender und im Empfänger summieren oder kompensieren sich entsprechend ihren Vorzeichen.

Die von den Heimempfängern selbst produzierten Störungen dieser Art haben sich bei den Empfängergenerationen des letzten Jahrzehnts nicht wesentlich verringert. Die entsprechenden Pflichtenheftsfordernungen für Fernsehsender wurden im gleichen Zeitraum um etwa 10 dB erhöht. Es ist zu erwarten, daß durch Ersatzbeschaffungen die Sendernetze in zunehmendem Maße diesen Forderungen entsprechen werden.

4. Messung bewerteter Tonstörabstände – erreichbare Qualität

Nach den vorstehenden allgemeinen Erläuterungen der Störvorgänge beim Differenzträger-Tonempfang folgt jetzt die Interpretation von Meßwerten und Pflichtenheftsfordernungen. Dabei werden nur die in 3.3. besprochenen Störungen durch Horizontalkonturen betrachtet, da ihnen gegenüber die sogenannten Schriftstörungen beim heutigen Stand der Empfängertechnik weitgehend zu vernachlässigen sind.

4.1. Tonstörungen mit Standardtestsignalen

Für die Messung des bewerteten Tonstörabstandes beim Differenzträger-Tonempfang wird der Bildträger mit Standardtestsignalen moduliert. Inwieweit die so gefundenen Werte repräsentativ für die tatsächliche Qualität bei Programmbildsignal sind, soll jetzt untersucht werden. Häufig verwendete Testsignale sind Schwarz- und Weißbild, audiofrequente Sinusschwingungen und elektronische Testbilder.

Signale elektronischer Testbilder sind sehr komplex, haben aber gegenüber anderen Testsignalen den Vorteil, daß sie mit Hilfe eines einfachen Empfängers während der Testbildzeiten der Ortssender gewonnen werden können. Die dabei auftretenden Verzerrungen sind für die Intercarriermessung unerheblich. Allerdings liefern die verschiedenen international üblichen Testbilder bei der Intercarriermessung recht unterschiedliche Ergebnisse, obwohl sehr ähnliche Bildelemente verwendet werden. (Dies macht die genaue Angabe des verwendeten Testbildes unerlässlich.) Die Anstalten der ARD, das ZDF und die Deutsche Bundespost arbeiten mit dem sogenannten FuBK-Farbttestbild [10], wie es **Bild 1** zeigt. Es ist erfahrungsgemäß und auch theoretisch begründbar eines der Bilder mit den höchsten Inter-carrierstörungen.

Der Meßwert bei Schwarzbild liefert den oberen Grenzwert für den Tonstörabstand, da die von den Synchronimpulsen verursachten Störungen immer vorhanden sind. Der Meßwert beim elektronischen

Farbttestbild dagegen steht für den unteren Grenzwert. Der Meßwert des Weißbildes liegt zwischen diesen beiden Grenzwerten.

Audiofrequente Sinusschwingungen erzeugen Heligkeitsstrukturen, die nicht mehr als Bilder im üblichen Sinn anzusprechen sind. Die von ihnen verursachten Störungen übertreffen – je nach Art des verursachenden Phasenfehlers – die des elektronischen Farbttestbildes um einige dB. Sie werden im folgenden nicht mehr betrachtet.

Da sich bei Programmbildsignalen der Tonstörabstand offensichtlich zwischen dem oberen und unteren Grenzwert befindet, charakterisieren beide zusammen die erreichbare Tonqualität. Zusätzliche statistische Angaben zum zeitlichen Verhalten erlauben genauere Interpretationen (siehe 4.2.). Die Angabe nur des unteren Grenzwertes ist wenig zur Charakterisierung geeignet, da die „mittlere“ Tonqualität bei sehr hohem oberem Grenzwert weit über diesem unteren Grenzwert liegt. Dies läßt sich aber aus einer Angabe allein nicht erkennen. Andererseits kön-

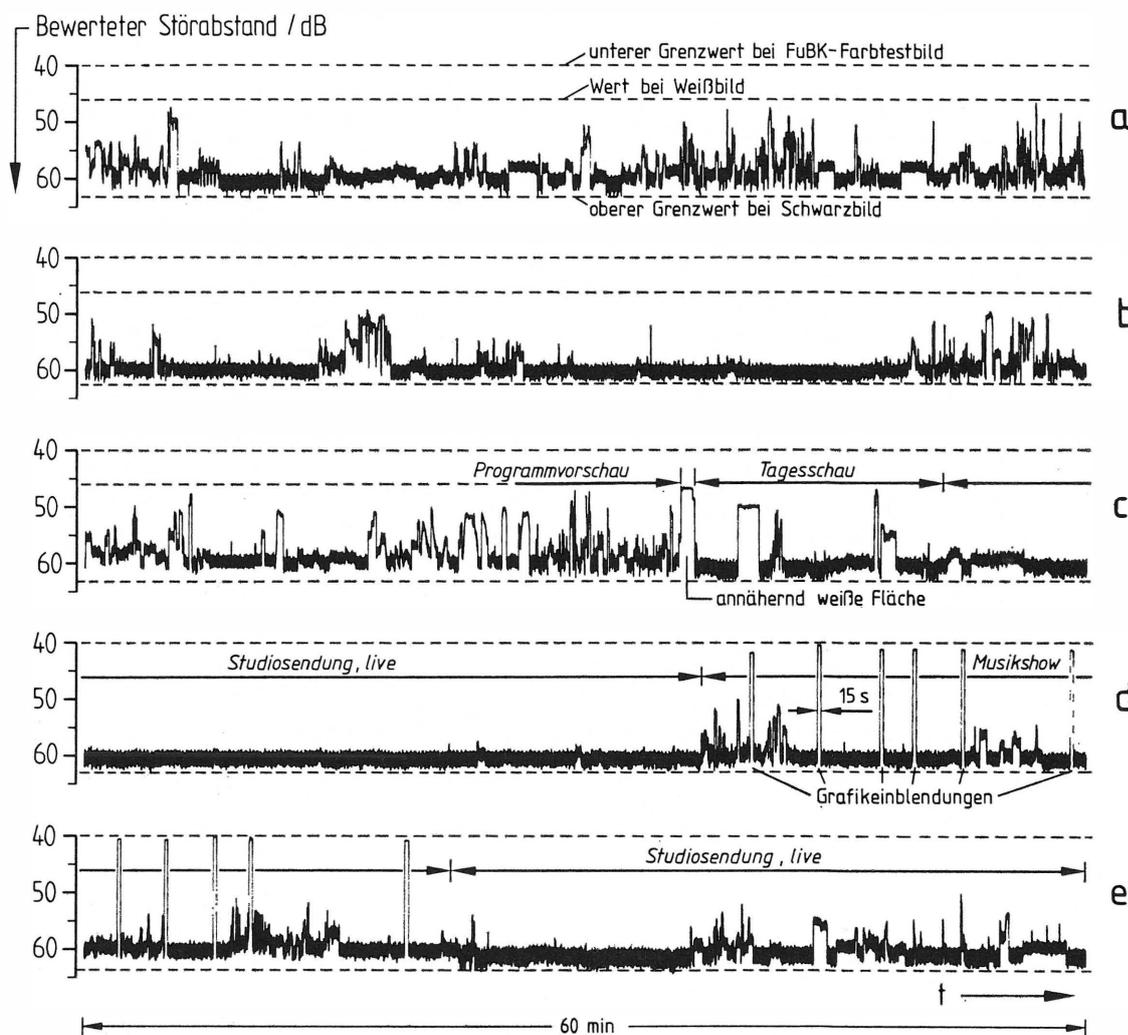


Bild 2

Störabstandsverlauf eines Regional- und Abendprogramms
(BR und ARD, 19. 11. 1981)
bei einer speziell präparierten Laborübertragungsstrecke
(Die Sequenzen „a“ bis „e“ folgen aufeinander)
Die Störsignale wurden nach CCIR-Empfehlung 468-3 bewertet
und auf einen Pegel entsprechend ± 30 kHz Frequenzhub bei 500 Hz bezogen

nen – durchaus auch in der Praxis – beide Grenzwerte zusammenfallen, d. h. der Störabstand ist bildunabhängig und zeitkonstant. Auch dieser Fall wird mit einem Wert nicht erkennbar. Leider wurde in der Vergangenheit zur Charakterisierung der Inter-carriertonübertragung im allgemeinen und der Sender und Empfänger im besonderen meist nur der untere Grenzwert herangezogen.

Da hier nicht die Theorie der Inter-carrierstörungen dargelegt werden kann, sei nur erwähnt, daß in besonders gelagerten, seltenen Fällen die maximalen Störungen nicht bei normgemäßer Modulation des Testbildes auftreten, sondern bei geringeren Modulationstiefen. Diese Fälle lassen sich leicht durch Ändern der Modulationstiefe aufspüren. Das dabei gefundene Störmaximum liefert den unteren Grenzwert des Störabstandes. Außerdem soll hier noch erwähnt werden, daß das sichere Erfassen von bewerteten Störabständen über 50 dB große Sorgfalt erfordert. Viele scheinbare Widersprüche lassen sich durch zu große Fehler der verwendeten Meßmodulatoren bzw. Meßdemulatoren erklären.

4.2. Bewertete Tonstörungen bei Programmbildsignal

Um zu klären, wie sich bei gegebenen Grenzwerten der Störabstand bei Programmbildsignal verhält, wurde im Institut für Rundfunktechnik (IRT) an einer Laborübertragungsstrecke bei elektronischem Testbild ein Störabstandswert eingestellt, der einem typischen Heimempfänger entspricht. Der andere Grenzwert bei Schwarzbild dagegen entsprach dem besten technisch erreichbaren Wert, so daß sich die Dynamik der bildinhaltsabhängigen Tonstörungen deutlich erfassen ließ. Die Meßwerte der bewerteten Tonstörungen konnten zur Auswertung in einen Tischrechner übernommen werden. In **Bild 2** ist der während einer Abendprogrammfolge registrierte Zeitverlauf des Störabstandes zu sehen.

Durch gleichzeitiges Beobachten des Fernsehbildes und der Störabstandsanzeige ergab sich folgende allgemeine Regel: Über lange Zeiträume hinweg werden die geringsten Störabstände von Bildern mit hellem oberem oder unterem Rand verursacht. Diese Minimalwerte liegen jedoch etwa 6 dB über dem Grenzwert des elektronischen Farbttestbildes (z. B. die annähernd weiße Fläche in Sequenz „c“ bei **Bild 2**). Weist das Bild mehrere waagerechte Streifen mit großen Helligkeitsunterschieden auf, so können die Störungen in Ausnahmefällen auch den Grenzwert erreichen. In den Sequenzen „d“ und „e“ in **Bild 2** wurde dies durch Einblenden elektronischer Grafiken bewirkt. Weisen die Bilder weder horizontale Konturen noch helle obere oder untere Ränder auf, so liegen die Störabstandswerte in der Nähe des Wertes für Schwarzbild. Während eines Schwarzweißspielfilmes, aber auch bei Sendungen aus dem Studio konnten lange derartige Passagen (erster Teil der Sequenz „d“) beobachtet werden.

Bild 3 zeigt den Zusammenhang zwischen den Störabstandswerten und der Häufigkeit ihres Auftretens. Zugrundegelegt sind Messungen während 3 mal 5 Stunden zusammenhängenden Programms. Zu 50 % der Zeit überschritt der Störpegel den Schwarzbildwert um nicht mehr als rund 4 dB. Zu 0,5 % der Zeit wurde der Störpegel des Weißbildes

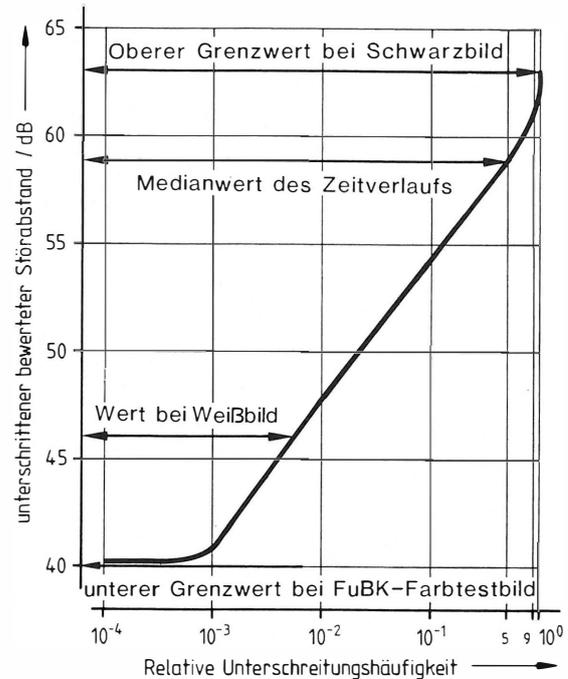


Bild 3

Zusammenhang zwischen Inter-carrierstörabstand und Unterschreitungshäufigkeit bei einer Laborübertragungsstrecke
 Bildträger mit Programmsignal moduliert
 Tonträger unmoduliert
 Meßzeit 15 Stunden

überschritten, und nur zu 1 % der Zeit wurde der untere Grenzwert erreicht. Diese Situation ist zugleich ein extremes Beispiel für die geringe Aussagekraft nur eines Störabstandswertes.

Bild 4 zeigt in gleicher Form die Ergebnisse eines neuen Heimempfängers. Hier unterscheiden sich die Werte für FuBK-Farbttestbild und Schwarzbild nur um etwa 12 dB. Wieder liegt der Medianwert der Störungen näher beim Wert für Schwarzbild als bei dem für Testbild oder auch bei dem für Weißbild. Der untere Grenzwert wurde bei dieser Messung nicht erreicht.

4.3. Qualität der Fernsehsender und Heimempfänger

Mit diesen Ergebnissen kann die wirkliche Qualitätsbeeinträchtigung des Differenzträger-Tonempfangs durch Fernsehsender und Heimempfänger abgeschätzt werden. Die neuen gleichlautenden Ausgaben der Pflichtenhefte für Fernsehsender der Rundfunkanstalten [11] und der Deutschen Bundespost lassen beim elektronischen Farbttestbild einen bewerteten Störabstand von 50 dB und bei Schwarzbild von 54 dB zu. Der vom Fernsehsender vorgegebene Tonstörabstand bei Programm liegt damit praktisch immer deutlich über 50 dB.

Reihenuntersuchungen im IRT an neueren Fernsehheimempfängern verschiedener Hersteller wiesen beim elektronischen Farbttestbild eine breite Streuung der Störabstandswerte von 27 bis 45 dB aus. Die Werte für Schwarzbild bewegten sich im Bereich von 45 bis 55 dB. Diese Zahlen lassen erkennen, daß die Tonqualität überwiegend von den Heimempfängern bestimmt wird, wenn sie von einem Fernsehsender gemäß dem neuen Pflichtenheft gespeist werden. Die Tonstörungen stammten bei einigen Empfängern

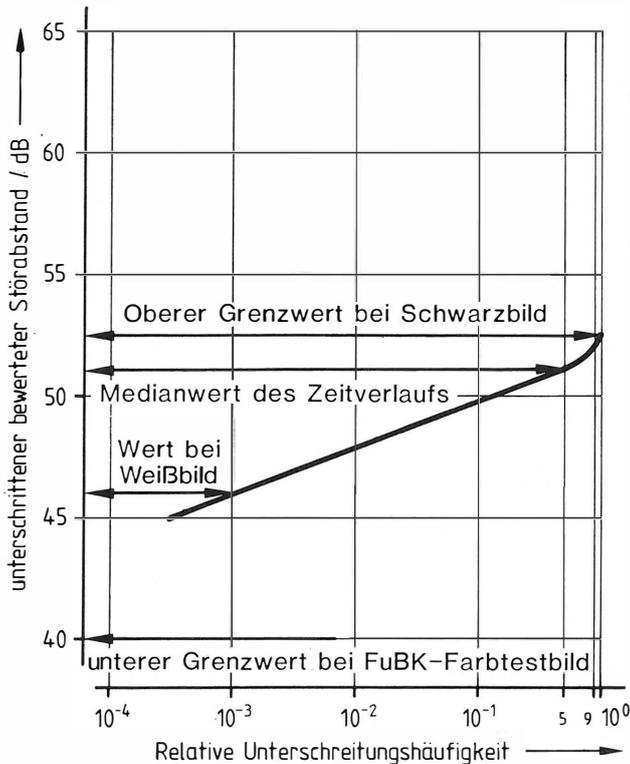


Bild 4

Zusammenhang zwischen Inter-carrier-Störabstand und Unterschreitungshäufigkeit bei einem Heimempfänger

Bildträger mit Programmsignal moduliert
Tonträger unmoduliert
Meßzeit 5 Stunden

nicht nur vom Inter-carrier-Verfahren, sondern kamen zum Teil auch durch Einkopplung von Ablenkspannungen in die Audiofrequenzverstärker zustande. Hierin bieten sich einfache Ansatzpunkte zur Qualitätsverbesserung, ähnlich wie bei der Direktabstrahlung von zeilen- und bildfrequenten Tönen durch die Gerätechassis.

Vergleicht man diese Zahlenangaben mit anderen bewerteten Störabständen, wie sie z. B. von Geräteherstellern angegeben werden, so muß außer dem verwendeten Störbewertungsverfahren auch der jeweilige Nutzsinalbezugspegel beachtet werden. Die Pflichtenhefte von ARD/ZDF und DBP sehen für Hörfunk- und Fernsehsender als Bezug den Nennpegel des Signals vor. Dieser liegt etwa 5 dB unter dem Maximalpegel des FM-Systems, um eine Übersteuerungsreserve für Pegelspitzen bereitzuhalten. Würde der Maximalpegel als Bezug zugrunde gelegt, so ergäben sich um rund 5 dB größere Störabstände. Von allen möglichen Kombinationen aus Bezugspegel und Störbewertungsverfahren liefert die in der Bundesrepublik für Rundfunkzwecke verbindliche die geringsten Störabstandswerte.

5. Schlußbetrachtung und Ausblick

Die hier vorgelegten Meßwerte und Interpretationen sollen helfen, ein objektives Urteil über die tatsächliche Fernsehsehtonqualität zu bilden. Es hat sich gezeigt, daß die wichtigste Qualitätsbeeinträchtigung, die bildmodulationsabhängige Inter-carrier-Tonstö-

rung, leider nicht mit einem einzigen Störabstandswert ausreichend charakterisiert werden kann. Es müssen stattdessen die beiden Extremwerte des Schwarzbildes und des elektronischen Farbttestbildes herangezogen werden. Der Medianwert des zeitabhängigen Störabstandes liegt bei Programmsignal näher beim oberen Grenzwert als beim unteren. Wie außerdem die Erfahrung zeigt, ist es erforderlich, zu den Störabstandswerten auch die Testsignale, das Störbewertungsverfahren und den Nutzsinalbezugspegel genau anzugeben. Nur so können Irrtümer bei der Interpretation von Meßwerten vermieden werden.

Die gegenwärtige Tonqualität der Fernsehheimempfänger legt den Schluß nahe, daß sich viele Teilnehmer beim Fernsehen mit einer geringeren Tonqualität als beim Hörfunk zufriedengeben. Die Reklamationen – vor allem die der Vergangenheit – betreffen nämlich überwiegend nur die Störungen durch Schrifteinblendungen. Mit der Quasiparalleltontechnik ist es gelungen, diese Störungen zu vermeiden. In der nächsten Zeit kann bei den Heimempfängern eine weitere Verbesserung erwartet werden. Es zeichnen sich u. a. Entwicklungen ab, mit denen die im Empfänger verursachten Tonstörungen verringert, aber die des Fernsehsenders wie bisher wiedergegeben werden. Damit könnte sich bei den Sendern die Frage nach weiteren Qualitätsverbesserungen und in der Folge auch nach verbesserten Meß- und Überwachungsmöglichkeiten stellen. Ob sich jedoch bei einer großen Zahl von Teilnehmern in Anbetracht der damit verbundenen Kosten überhaupt ein Bedarf an höherer Tonqualität ausbildet, muß abgewartet werden.

Herrn Dipl.-Ing. Reinhard Gorol vom Arbeitsbereich Fernsehübertragungstechnik des IRT danke ich für das freundliche Überlassen von Meßergebnissen seiner Untersuchungen an Fernsehheimempfängern.

SCHRIFTTUM

- [1] C C I R : Measurement of audio-frequency noise in sound broadcasting, in sound-recording systems and on sound programme circuits. Rec. 468-3, XVth Plenary Assembly, Geneva 1982, Vol. X: Broadcasting Service (Sound). Hrsg. v. d. UIT, Genf, im Druck.
- [2] The assessment of noise in audio-frequency circuits. BBC Research Department Report No. EL-17, April 1968.
- [3] Schneberger, G.; Gorol, R.: Einfluß nichtlinearer Übertragungsglieder auf die Fernsehsehtonqualität beim Zweiträgerverfahren. Rundfunktech. Mitt. 25 (1981), S. 106 bis 112.
- [4] Kiefer, D.: Über den Einfluß des Bildinhalts auf die Qualität des Differenzträger-Tonempfangs. Rundfunktech. Mitt. 14 (1970), S. 6 bis 14.
- [5] Wolf, P.: Das lästige Inter-carrier-Brummen. Funkschau 48 (1976), S. 394 bis 396.
- [6] Griese, H. J.: Qualitätsgrenzen des Differenzträger-Tonempfangs. Fernmeldetechn. Zeitschr. 8 (1955), S. 374 bis 378.
- [7] Gorol, R.; Wollherr, H.: Akustische Störungen bei der Zeilenfrequenz von Fernsehheimempfängern. Rundfunktech. Mitt. 23 (1979), S. 175 bis 179.
- [8] I R T : ARD/ZDF-Handbuch Fernseh-Betriebsabwicklung. Abschnitt 4.2.1: Aussteuerungsrichtlinien Bild. Hrsg. v. Institut für Rundfunktechnik, München.
- [9] Rehak, M.; Kriedt, H.: Quasi-Paralleltonkanal für störungsfreien Fernsehsehton. Funkschau 51 (1979), S. 349 bis 352.
- [10] I R T : Elektronische Testbildgeneratoren zur Erzeugung des FuBK-Farbttestbildes. Tech. Pfl.-Heft Nr. 8/13.1 der öffentlich-rechtlichen Rundfunkanstalten der Bundesrepublik Deutschland. Hrsg. v. Institut für Rundfunktechnik, München, November 1973.
- [11] I R T : Fernsehsehton der Frequenzbereiche I, III, IV und V. Tech. Pfl.-Heft Nr. 5/2.1 der öffentlich-rechtlichen Rundfunkanstalten der Bundesrepublik Deutschland. Hrsg. v. Institut für Rundfunktechnik, München, Februar 1982.

REGIERÄUME FÜR MUSIKWIEDERGABE

VON ERNST-JOACHIM VÖLKER¹

Manuskript eingegangen am 23. März 1982

Raum- und Bauakustik

Zusammenfassung

Die Musikwiedergabe in vier unterschiedlichen Regieräumen wurde von 90 Versuchspersonen bewertet. Dabei blieben Musikstücke, Lautsprecher, Schallpegel und Frequenzgang der Wiedergabe am Abhörplatz erhalten. Ziel war es, den Einfluß des Regieraumes zu bestimmen. Die Kurzbeschreibung der vier Raumzustände mit Angabe der Nachhallzeiten lautet: 1 = hallig (0,7 s); 2 = halbhallig, System LEDE (0,4 s); 3 = reflexionsarm (0,2 s); 4 = mit 24 Lautsprechern.

Nacheinander wurden die vier Zustände baulich hergestellt. Es erfolgte jeweils die Einmessung der Wiedergabeanlage für den Abhörplatz vor dem Regietisch. Ein Testband mit anerkannt hochwertigen und geeigneten Musikaufnahmen verschiedener Art wurde wiedergegeben und diente zur Schallaufnahme mit einem Kunstkopf am Regietisch. Im AB-Vergleich konnten die Raumzustände verglichen werden. Der hallige Regieraum 1 wird mehrheitlich für Kammermusikorchester und Kirchenorgel bevorzugt. LEDE (2) erhielt die beste Bewertung für Schlagzeugsolo und Disko-Sound, gefolgt vom reflexionsarmen Regieraum 3.

Als Ergebnis der Untersuchung bestätigt sich, daß für die bauliche und akustische Konzeption des Regieraumes ein Kompromiß nötig ist, der allen Musikgattungen Rechnung trägt. Die Vielzahl bestehender Regieräume entspricht weitgehend diesem Kompromiß, wenn Halligkeit durch Schallreflexionen an Fenstern, Türen, Geräten und Einbauten entsteht. Für zweckbestimmte Regieräume kann ein differenzierter Ausbau erfolgen. Die vorgenommenen Untersuchungen gehen von der eingemessenen Lautsprecheranlage aus, die für eine Vergleichbarkeit zwischen Regieräumen nötig ist. Die Bewertung von Regieräumen für Sprachwiedergabe steht noch aus. Es ist zu erwarten, daß sich einige der untersuchten Regieräume nicht für Sprache eignen.

Summary Control rooms for music reproduction

The reproduction of music in studio control rooms of four different types was evaluated by ninety observers, the pieces of music, loudspeakers, sound level and frequency response of the reproduction being maintained uniform at the listening positions. It was the objective to determine the influence of the control room. The brief description of the conditions of the four rooms, with indications of their reverberation times, is the following: 1 = reverberant (0.7 s); 2 = semi-reverberant, LEDE system (0.4 s); 3 = inadequate reflection (0.2 s); 4 = with 24 loudspeakers.

The four conditions were produced constructively in succession. In each case, the reproducing installation was aligned for the listening position in front of the control desk. A test-tape with recognised high-quality and suitable music recordings of various kinds was reproduced and was used for recording the sound by means of an artificial head at the control position. The room conditions could be compared by the A/B method. The reverberant control room 1 was preferred by the majority for chamber music and church organs. LEDE (2) obtained the best assessment for solo percussion and "disco" sound, followed by control room 3, with little reflection.

The result of the investigation confirmed that, for the constructional and acoustical design of a control room, a compromise is needed which must take into account music of all types. The majority of existing control rooms corresponds more or less to that compromise, when reverberation is produced through sound reflection at windows, doors, equipment and installations. For purpose-built control rooms, different arrangements may be adopted. The investigations carried out are based on the aligned loudspeaker installation that is necessary for a comparison of control rooms. An evaluation of control rooms for speech reproduction has as yet to be undertaken. It is to be expected that some of the control rooms examined are unsuitable for speech.

Sommaire Reproduction de la musique dans des cabines de prise de son

Quatre-vingt-dix observateurs ont évalué la reproduction musicale dans quatre cabines de prise de son de types différents. Les extraits musicaux, les haut-parleurs, le niveau sonore et la dynamique étaient identiques dans chaque cas, le but étant de déterminer l'influence de la cabine elle-même. La caractéristique générale des quatre cabines et leur temps de réverbération étaient les suivants: 1 = indice de réverbération élevé (0,7 s); 2 = réverbération moyenne, système LEDE (0,4 s); 3 = réverbération faible (0,2 s); 4 = ensemble de 24 haut-parleurs.

Les quatre caractéristiques ont été recréées simultanément. Le dispositif de reproduction était à chaque fois orienté vers la position centrale face au pupitre de prise de son. Unregistrement constitué de différents morceaux de qualité choisis parmi des oeuvres musicales connues était diffusé et le son reproduit était à son tour enregistré au moyen d'une tête artificielle au pupitre de prise de son. Les caractéristiques de la cabine pouvaient être comparées au moyen de la méthode A-B. La plupart des auditeurs ont préféré la cabine 1 très réverbérante pour la musique de chambre et les orgues d'église. Le système LEDE de la cabine 2 a été plus apprécié pour les solos de batterie et la musique "disco", suivi par la cabine 3 à faible réverbération.

Les résultats de cette expérience confirment que la conception d'une cabine de prise de son doit être basée, au double plan de la construction et de la structure acoustique, sur un compromis tenant compte de tous les genres musicaux. La plupart des cabines existantes, où la réverbération acoustique est produite par des fenêtres, des portes, des équipements et des installations intérieures, correspondent assez bien à un tel compromis. On peut adopter d'autres dispositions dans des cas particuliers. L'expérience a été réalisée au moyen d'une installation de haut-parleurs en ligne, nécessaire pour comparer des cabines de prise de son. Une évaluation de cabines destinées à la reproduction de la parole doit encore être pratiquée. Il est probable que certaines des cabines testées ne conviennent pas pour la parole.

1. Einleitung

Bei Lautsprecherwiedergabe von Musik entsteht beim Hörer ein Klangbild, das durch den Abhörraum beeinflusst ist. Dies gilt für den hochwertigen Regieraum ebenso wie für das Wohnzimmer zuhause, wo

üblicherweise Musik gehört wird, auch von Musikern und Toningenieuren. Es hat sich schon immer die Frage gestellt, welche Bedeutung diese häusliche Abhörqualität hat. Sollten Regieräume wie Wohnzimmer gestaltet werden? Die erste Antwort ist leicht, wenn an die Halligkeit oder Hellhörigkeit gedacht wird. Das gedämpfte Wohnzimmer wird für Sprachwiedergabe bevorzugt. Räume mit schallschluckenden Wand- und Deckenverkleidungen sind arm an

¹ Dipl.-Ing. Ernst-Joachim Völker ist Leiter des Instituts für Akustik und Bauphysik, Oberursel im Taunus.

Schallreflexionen und weisen eine kleine Nachhallzeit auf. Lautsprechererschall gelangt direkt an die Ohren. Schallanteile aus dem Raum fehlen.

Der Regieraumbau in Deutschland ist in den vergangenen 20 Jahren diesen Weg gegangen. In Studios und Regieräumen wurden „gezielt“ unerwünschte Schallreflexionen unterdrückt [1, 2], da sie den Klangeindruck (das Hörbild) verfälschten. Die Praxis sah jedoch häufig ganz anders aus [3]. Regiefenster, Türen, Gestellfronten und Schränke führten zu vielen Schallreflexionen, die kurzzeitig nach dem Lautsprecher-Direktschall am Ohr eintreffen. Hier entstehen mannigfache Beeinflussungen, die als Pegeländerungen, Rauigkeiten des Tones, Residualtonbildung [4, 5] und als Eigentöne hörbar werden. Die Impulsantwort des Raumes macht sich in diesen Fällen als Halligkeit bemerkbar [6]. Derartige Regieräume haben sich in vielen Fällen bewährt [3, 7]. Tonmeister und Toningenieure hatten sich an ihren Regieraum gewöhnt [5]. Sie machten dort die besseren Aufnahmen und hatten in anderen Regieräumen Schwierigkeiten. Borja [7] berichtet über das Abmischen eines 16-Spur-Bandes in mehreren Regieräumen. Die Mischung klang jedesmal deutlich anders und zum Teil sehr unbefriedigend. Hier hatten die Regieräume mit ihren Abhörlautsprechern „mitgemischt“.

In vielen anderen Fällen (z. B. Kammermusik, Gesang usw.) muß die Qualität der Schallquelle und des Studios beurteilt werden. Wie ist dies in derartigen Regieräumen möglich? Die Unsicherheit im Regieraumbau wurde vergrößert, als bewußt Schallreflexionen zugelassen und schallreflektierende Wände (z. B. aus Stein) oder Holzwände hinter dem Regietisch angeordnet wurden. Davis [8] führt mit dem System LEDE einen „halbhalligen“ Regieraum ein, der in der Raumhälfte der Lautsprecher stark schallschluckend und in der anderen Hälfte schallreflektierend mit bestimmten Verzögerungszeiten ausgebildet ist. Behauptet wird die große Überlegenheit dieses Prinzips.

Abgesehen von der Raumgestaltung wird die Akustik des Regieraumes erst beurteilt, wenn der Lautsprecher ertönt. Regielautsprecher müssen Mindestanforderungen erfüllen [9]. Die Überprüfung geschieht im Labor, im reflexionsarmen Raum und im Hallraum. Wichtige Größen sind Frequenzgang, Bündelung, Richtcharakteristik, Schallpegel, wie sie in einem Kennblatt zusammengefaßt werden können [10]. Dieser gute Regielautsprecher wurde bisher geradlinig angesteuert. Angenommen wurde, daß der Einfluß des bedämpften Raumes gering sei und der Direktschall vom Lautsprecher ohnehin überwiege. Man verzichtete also auf das spektrale Einmessen unter Einfluß des Raumes, obwohl viele Regielautsprecher bereits einfache Anpassungsglieder aufweisen, um Tiefen und Höhen zu verändern, etwa bei Anordnung in Ecken oder an Wänden.

Die Folgen sind weitgehend bekannt. **Bild 1** zeigt die Meßergebnisse in bekannten Regieräumen. Die Frequenzgänge des Schalldruckes am Regietisch weichen erheblich von den Laborwerten des Lautsprechers allein ab. Bei 250 Hz sind $\pm 1,5$ dB erlaubt. Erzielt wurden -6 dB und $+5$ dB, bei 500 Hz ergeben sich sogar $+9$ dB. Diese fehlerhaften Schallpegel be-

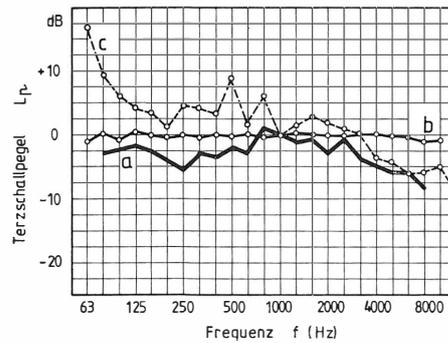


Bild 1
Terzschallpegel am Abhörplatz in Regieräumen bei Lautsprecherbeschallung
Testsignal: Terzrauschen mit $U_{\text{Terz}} = \text{const.}$
a: Mittelwerte von sechs Regielautsprechern O 85 von Telefunken in drei Regieräumen [3]
b: Abhörlautsprecher mit Terzfilter eingestellt
c: Abhörlautsprecher in bekanntem Regieraum [7]

dingen auch, daß die Studioaufnahme verkehrt angesteuert wird. Die Aufnahme klingt nur gut, wenn sie im gleichen Regieraum abgehört wird. In einem anderen Raum addieren sich die Fehler [7]. Das Einmessen von Lautsprecher und Raum ist daher notwendig und wird für jeden Regieraum erneut vollzogen. **Bild 1** zeigt die mögliche Feineinstellung bei Verwendung eines Terzfilters. Eigenfrequenzen des Raumes (Moden, Eigentöne) lassen sich besser mit noch schmalere Filtern wie 1/6-Oktav-Filtern (z. B. von White, USA) in ihrer Wirkung abschwächen. Bei den vorkommenden kurzen Nachhallzeiten ergeben sich im Regieraum bis 100 Hz 7 und zwischen 100 und 200 Hz bereits 49 [2] derartige Eigentöne. Die akustische und beschallungstechnische Konzeption für Regieräume kann daher als ziemlich verworren angesehen werden.

Diese Situation in der Diskussion über Regieräume veranlaßte zu einem Test, mit dem die Qualität des Regieraumes für das Abhören von Musikaufnahmen beurteilt werden sollte. Es bot sich die Möglichkeit, einen Regieraum beliebig umzubauen, um die Untersuchungen in jedem Raumzustand vornehmen zu können. Sowohl meßtechnische Überprüfungen des Raumes und der Lautsprecheranlage als auch Abhörtests wurden ins Auge gefaßt.

2. Vier untersuchte Regieräume

Im IAB² ergab sich im Zuge des Innenausbaus von Studio und Regieraum die Möglichkeit, verschiedene Raumzustände bautechnisch herzustellen. Hochwertige Regielautsprecher standen zur Verfügung und wurden neben dem Regiefenster nach **Bild 2** angeordnet.

Die vier Raumzustände sind in **Bild 3** übersichtlich beschrieben. Sie zeichnen sich durch unterschiedliche Maßnahmen des Innenausbaus aus, die zu spezifischen akustischen Eigenschaften führen:

2.1. Zustand 1: Halliger Regieraum

Die Vorsatzschalen an Wänden und Decke absorbieren tieffrequenten Schall und reflektieren die Hö-

² Institut für Akustik und Bauphysik, Oberursel im Taunus.

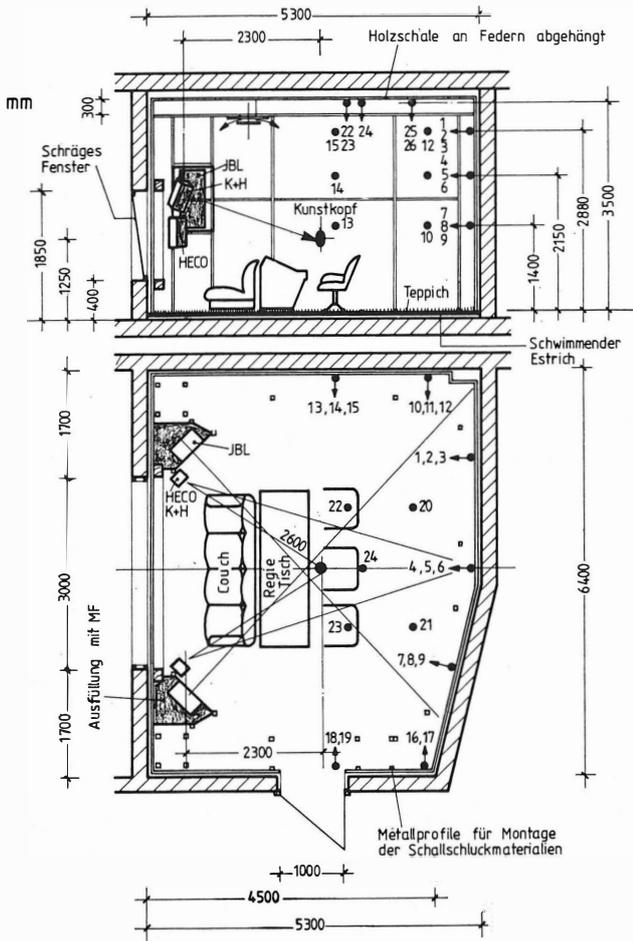


Bild 2

Grundriß und Schnitt des IAB-Regieräumes mit Holzsinnenschalen, Teppich, Regielautsprechern und 24 6-W-Lautsprechern in der hinteren Raumhälfte

hen. Der vom Lautsprecher ausgehende Schall wird nach seiner Reflexion mit geringer Verzögerung Δt am Regietisch eintreffen. Man findet z. B. als sogenannte erste Reflexionen (von einem Lautsprecher erzeugt):

- von der Rückwand 1 Reflexion $\Delta t \approx 12$ ms
- 1 Reflexion $\Delta t \approx 15$ ms
- von der Decke 1 Reflexion $\Delta t \approx 7$ ms

- vom Winkelspiegel Decke - Rückwand 1 Reflexion $\Delta t \approx 16$ ms
- vom Winkelspiegel Decke - Seitenwand 2 Reflexionen $\Delta t \approx 13$ ms
- von der nahen Seitenwand 1 Reflexion $\Delta t \approx 10$ ms
- von der entfernten Seitenwand 1 Reflexion $\Delta t \approx 16$ ms
- sonstige Zweifach-reflexionen etwa 20 Reflexionen 20 bis 40 ms.

Das Reflektogramm ist in **Bild 4** dargestellt. Es ergibt sich in einfacher Weise durch Erzeugung eines Knalles, hier mit einem Zündplättchen und mit Registrierung durch ein Zweistrahlzillooskop, wobei ein Triggermikrofon am Knallgeber aufgebaut ist. Zu erkennen sind die vielen Reflexionen, die die typische Tannenbaumcharakteristik ergeben. Direktschall, erste Reflexionen und die Vielzahl späterer Reflexionen ergeben den Nachhall, der in diesem Raumzustand nach **Bild 5** mit $T_m \approx 0,7$ s verhältnismäßig lang ist.

2.2. Zustand 2: LEDE

LEDE ist die Abkürzung von LIVE END - DEAD END und beschreibt den in **Bild 3** erläuterten Ausbauzustand [8]. Schallschluckmaterial ist im Halbraum der Lautsprecher angeordnet. Schallreflexionen sind angestrebt an Wänden, Decke und am Fußboden. Entscheidend ist ihre spätere Ankunft am Abhörplatz. Es soll also eine Zeitspanne (time delay gap) entstehen, in der nach dem Direktschall vom Lautsprecher möglichst keine Raumschallanteile eintreffen. Dies ist dadurch zu erzielen, daß reflektierende Flächen abgewinkelt angeordnet werden.

Mit Hilfe von aufgeklebten Spiegeln kann dies leicht überprüft werden. Der größere Wandabstand hinter dem Regietisch ist von Vorteil. Die genannte Zeitspanne wird von Davis mit 10 bis 20 ms angegeben. Zur Begründung wird auf die Aufnahme-situation im Studio verwiesen. Am Mikrofon im Studio treffen nach dem Direktschall etwa folgende Schallreflexionen ein:

- vom Fußboden $\Delta t \approx 6$ ms
- vom Notenpult $\Delta t \approx 2$ ms

1	2	3	4
Hallig $T_m \sim 0,7$ s	LEDE $T_m \sim 0,4$ s	Bedämpft $T_m \sim 0,2$ s	Bedämpft $T_m \sim 0,2$ s
Fußboden: Teppich auf schwimmendem Estrich	Holzplatte auf Teppich auf schwimmendem Estrich	Teppich auf schwimmendem Estrich	Teppich auf schwimmendem Estrich
Decke: Holzplatten verschiedener Dicke an Federn hängend mit MF-Hinterlegung	Schallschluckmaterial 5-15cm an halber Decke bis oberhalb Abhörplatz	Wie 2, ganzflächig Schallschluckmaterial 5-15cm	Wie 3, 5 Lautsprecher
Wände: Holzplatten verschiedener Dicke auf EMFA-Holzern mit MF-Hinterlegung	Wie 1, darauf in der vorderen Hälfte 10-20cm MF bis zum Abhörplatz, Rückwand mit Reflektoren	Wie 2, ganzflächig mit 10-20cm MF	Wie 3, 19 Lautsprecher Rückwand 9 Seitenwand, Türseite 4 Seitenwand 6
Couch und 3 gepolsterte Stühle Regiefenster geneigt Regietisch ♦ Kunstkopf 2 Stück 096 Fa. Klein + Hummel	Couch und 3 gepolsterte Stühle Regiefenster geneigt Regietisch ♦ Kunstkopf 2 Stück 096 Fa. K + H	Couch und 3 gepolst. Stühle Regiefenster geneigt Regietisch ♦ Kunstkopf 2 Stück 096 Fa. K + H	Couch und 3 gepolst. Stühle Regiefenster geneigt Regietisch ♦ Kunstkopf 2 Stück 096 Fa. K + H

Bild 3

Vier Regieräume unterschiedlicher Ausbauart mit Beschreibung wesentlicher Eigenschaften

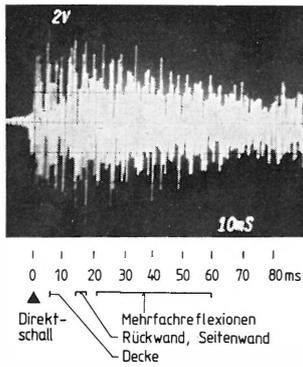


Bild 4

Reflektogramm am Abhörplatz im Regieraum

Zustand 1 (hallig, $T_m \approx 0,7$ s)

Knallgeber am linken Lautsprecher JBL (siehe Bild 2)

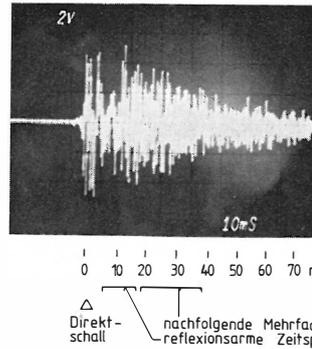


Bild 6

Reflektogramm am Abhörplatz im Regieraum

Zustand 2 (LEDE, $T_m \approx 0,4$ s)

Knallgeber am linken Lautsprecher

- von Stufen, Gegenständen $\Delta t \approx 10$ ms
- von Wänden, Entfernung etwa 3 m $\Delta t \approx 12$ bis 18 ms
- von der Decke $\Delta t \approx 15$ ms.

Diese zur Aufnahme gehörenden Schallreflexionen sollen unverfälscht im Regieraum zu Gehör gebracht werden. Nachdem sie beim Hörer eingetroffen sind, können nach Davis weitere Regieraumreflexionen verzögert ankommen. Nach Cremer (Gesetz der ersten Wellenfront) und Haas (Haas-Effekt) werden sie nicht geortet. Sie führen zu Halligkeit und zu Pegelerhöhung. Das Reflektogramm nach Bild 6 weist daher die bezeichnende Charakteristik auf. Die Nachhallzeit ist durch die halbseitige An-

ordnung von Schallschluckmaterial erheblich niedriger (siehe Bild 5).

2.3. Zustand 3: Bedämpfter Regieraum

Die konsequente Unterdrückung erster Reflexionen setzt auch die Nachhallzeit erheblich herab, wie es aus Bild 5 mit einem Wert von $T_m \approx 0,2$ s zu entnehmen ist. Gleiche Nachhallzeiten ergeben sich in vielen Regieräumen [3], obwohl auch häufig starke einzelne Reflexionen von Regiefenstern und Fluren nicht zu vermeiden sind. Wie aus Bild 3 zu ersehen, ist Schallschluckmaterial ganzflächig angeordnet worden. Einzelne Schallreflexionen bleiben übrig von Metallständern, benachbarten Lautsprechern, der Tür, dem Regietisch und von Teilen der drei Stühle. Dennoch ist das Reflektogramm nach Bild 7 deutlich anders. Es fehlen die späten Reflexionen. Der Tannenbaum ist schlank und hat innerhalb von 50 ms den überwiegenden Energieanteil. Die Deutlichkeit nach Thiele [11] ist hier am größten. Aus den Reflektogrammen ergeben sich Werte von:

- Zustand 1 $D = 69\%$
- Zustand 2 $D = 93\%$
- Zustand 3 $D = 100\%$

2.4. Zustand 4: Mit 24 Lautsprechern

Der bedämpfte Raumzustand bleibt erhalten. Hinzu kommen 24 Schallquellen, die den Lautsprecher-schall verzögert abstrahlen. Die Lautsprecher sind

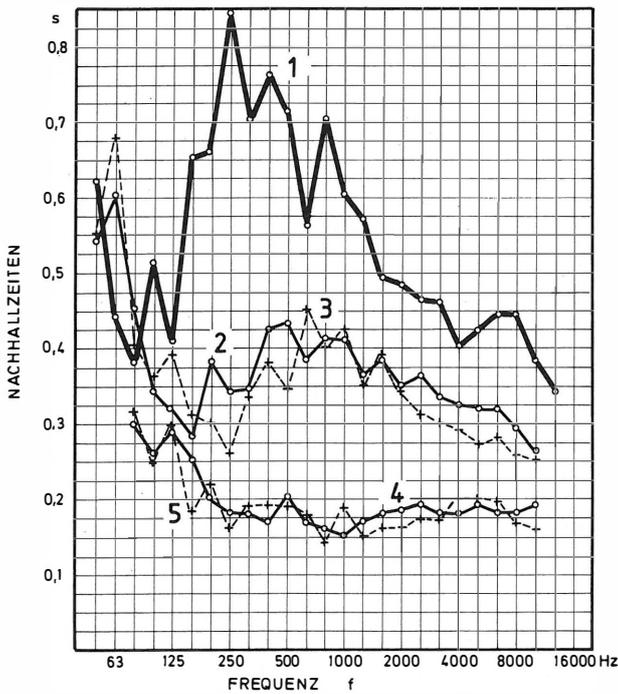


Bild 5

Nachhallzeiten bei verschiedenen Zuständen des Regierumes

- Kurve 1 Zustand 1 $T_m \approx 0,7$ s
- Kurven 2, 3 Zustand 2 $T_m \approx 0,4$ s
- Kurven 4, 5 Zustand 3 $T_m \approx 0,2$ s

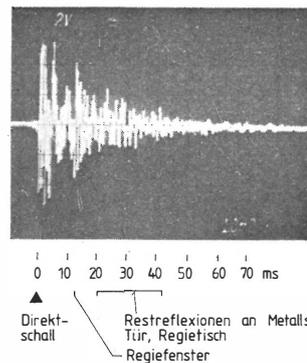


Bild 7

Reflektogramm am Abhörplatz im Regieraum

Zustand 3 (bedämpft, $T_m \approx 0,2$ s)

Knallgeber am linken Lautsprecher

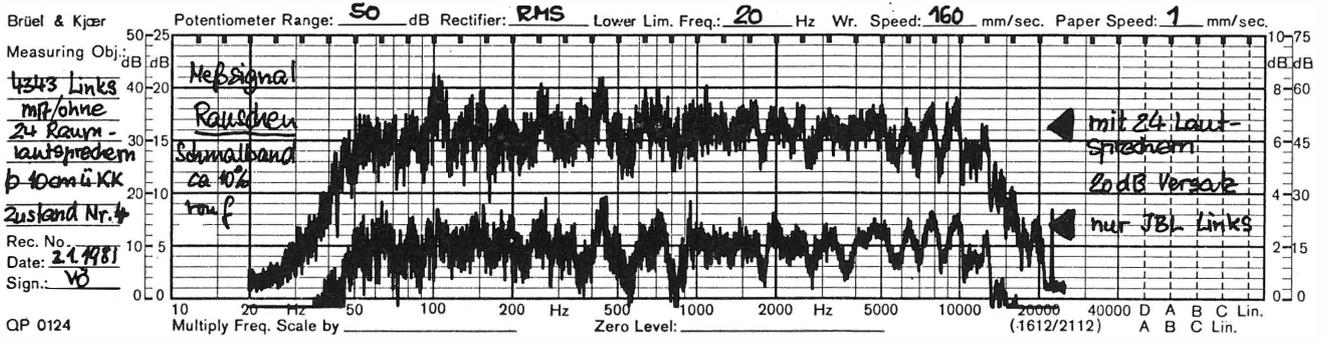


Bild 8
Schallpegel von Schmalbandrauschen am Abhörplatz mit 24 Raumlautsprechern und ohne diese
Raumzustand 4

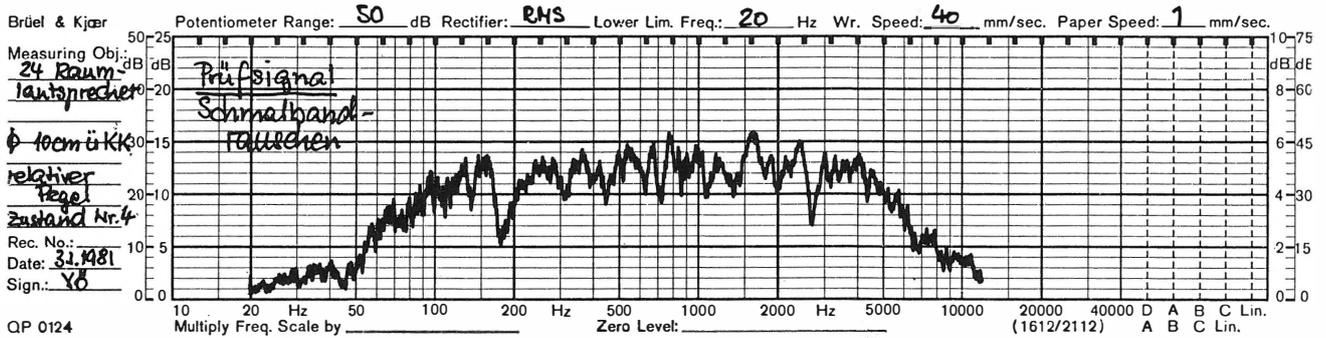


Bild 9
Schallpegel am Abhörplatz bei schmalbandiger Anregung von 24 Raumlautsprechern
Raumzustand 4

in **Bild 2** numeriert von 1 bis 24. Die Verzögerungen betragen:

- 20 ms 22, 23, 14, 18, 12
- 25 ms 24, 13, 2, 7, 5
- 30 ms 20, 21, 1, 8, 6
- 35 ms 3, 15, 4, 17, 16, 19, 9, 10, 11.

Verzögert wurde das Monosignal. Am Abhörplatz treffen also nacheinander ein: Direktschall, erste Reflexionen, wie sie im Reflektogramm in **Bild 6** zu erkennen sind, und die Schallanteile zwischen 20 und 35 ms. Beim Hinzufügen von 24 Lautsprechersignalen stellt sich die Frage nach den Schallpegelverhältnissen. Im Experiment kann bei der Einspielung einfach der Regieraumlautsprecher abgeschaltet werden. Der Pegel der 24 Lautsprecher betrug am Abhörplatz 60 dB (A). Der linke Regielautsprecher allein 63 dB (A). Zusammen 65 dB (A). Nimmt man schmalbandiges Rauschen, dann erhält man mit und ohne die Raumlautsprecher die Frequenzgänge nach **Bild 8**. Pegeländerungen und erhebliche Veränderungen sind festzustellen.

Der Pegel von 60 dB (A) kann rechnerisch nachvollzogen werden, wenn vom halligen Zustand 1 ausgegangen wird. Der Pegel $L_{p \text{ Diff}}$ folgt nach [3] zu

$$L_{p \text{ Diff}} = L_{p \text{ 1m}} + 10 \lg \frac{4 \cdot 1 \text{ m}^2}{A} \text{ dB} \quad (1)$$

mit

- $L_{p \text{ Diff}}$ (dB) = Pegel des diffusen Schallfeldes,
- $L_{p \text{ 1m}}$ (dB) = Pegel in 1 m Entfernung als Direktschallpegel im freien Schallfeld,

$A \text{ (m}^2\text{)}$ = äquivalente Schallabsorptionsfläche
mit $A = \frac{0,163 \cdot V}{T}$,

$V \text{ (m}^3\text{)}$ = Volumen ($V = 116 \text{ m}^3$),

$T \text{ (s)}$ = Nachhallzeit ($T = 0,7 \text{ s}$).

Geht man von einem Pegel $L_{p \text{ 1m}}$ aus, dann ist in diesem Fall der Diffusschallpegel 8,3 dB kleiner als $L_{p \text{ 1m}}$. Für den Abhörplatz folgt in Zustand 3 (oder 4) für den Direktschall

$$L_{p \text{ Dir}} = L_{p \text{ 1m}} + 10 \lg \frac{1 \text{ m}^2}{r^2} \quad (2)$$

mit

$L_{p \text{ Dir}}$ (dB) = Direktschall im freien Schallfeld,

$r \text{ (m)}$ = Entfernung vom Lautsprecher
($r = 2,6 \text{ m}$).

Der Direktschall liegt zufällig ebenfalls 8,3 dB unter dem $L_{p \text{ 1m}}$ -Pegel. Eine weitere Pegelerhöhung erfolgt, wenn beide Lautsprecher betrieben werden. Dennoch ist mit dem Unterschied von 63 dB (A) zu 60 dB (A) ein um 3 dB kleinerer Wert für die 24 Lautsprecher eingestellt worden. Es ist damit eher Zustand 2 nachgebildet worden, der mit $T = 0,4 \text{ s}$ zu einem um 10,7 dB kleineren Diffusschallpegel führt, d. h. rechnerisch 60,6 dB (A) gegenüber dem eingestellten Wert von 60 dB (A).

Der Frequenzgang für 24 Lautsprecher bei Messung am Abhörplatz ist in **Bild 9** dargestellt. Da bereits sechs 1/3- oder 1/6-Oktav-Filter im Einsatz waren und kein weiteres kurzfristig zur Verfügung

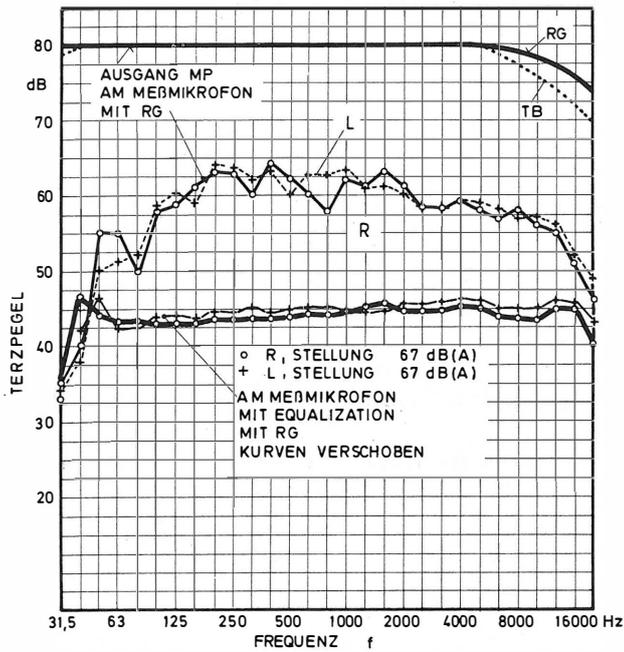


Bild 10

Einstellung eines geraden Frequenzgangs am Abhörplatz
Raumzustand 1, für linken und rechten Lautsprecher getrennt
Lautsprecher O 96 von Klein & Hummel

stand, konnten die Lautsprecher nur so eingestellt werden. Es ergibt sich z. B. ein Pegelbruch bei 180 Hz und bei 1600 Hz. Die natürlichen Schallreflexionen sind andererseits keineswegs „geradlinig“, da Reflektorgröße und Materialeigenschaft zur frequenzabhängigen Reflexion führen.

3. Einmessung

Die Einmessung erfolgt für den Abhörplatz in der Mitte des Regietisches. Das angestrebte Ziel ist verständlich: geradliniger Frequenzgang des Lautsprecher- und raumanteiligen Schalles. **Bild 10** zeigt das

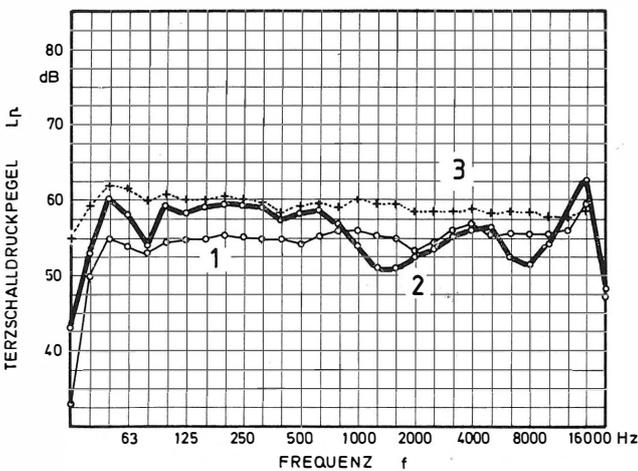


Bild 11

Terzschalldruckpegel am Abhörplatz bei zweikanaliger Wiedergabe von kohärentem und inkohärentem (stereofonem) Rauschen

- Kurve 1 Monowiedergabe mit einem Lautsprecher
- Kurve 2 Kohärentes Rauschen über zwei Lautsprecher
- Kurve 3 Inkohärentes Rauschen über zwei Lautsprecher

Ergebnis, das hier für die beiden O 96 von Klein & Hummel gilt. Die Kurven für die P 7302 von Heco und die 4343 von JBL sind ähnlich. Werden die Lautsprecher ohne „equalization“, also gerade angesteuert, ergibt sich am Abhörplatz bei Raumzustand 1 ein unbefriedigender Frequenzgang (siehe auch **Bild 1**). Mit Hilfe von Terzfiltern wird sorgfältig jeder einzelne Lautsprecher eingemessen. Die Einstellung führt leicht zu geradem Frequenzgang.

Bei der Einmessung mit beiden Regielautsprechern gleichzeitig ergeben sich für kohärentes Rauschen (aus einem Rauschgenerator) und inkohärentes Rauschen unterschiedliche Ergebnisse. **Bild 11** zeigt für kohärentes Rauschen die Interferenzeffekte (Kammfiltereinflüsse), die im Frequenzbereich von 600 bis 2500 Hz und im Bereich um 8000 Hz zu Pegelminderungen führen. Inkohärentes Rauschen bedeutet weitgehend nur eine Pegeladdition. Der Frequenzgang bleibt gerade.

Die konsequente Einmessung wird allgemein nur zögernd eingeführt, weil angenommen und vorausgesetzt wird, daß der Regieraum in seiner Raumakustik ebenso optimal ist und stimmt wie die Übertragungsqualität der Lautsprecher. Daß beides nicht stimmen muß, ist klar geworden [7, 3]. Es hört sich gut an, wenn die Forderung nach dem „geradlinigen Raum“ erhoben wird [12]. Tatsache sind jedoch Reflexionen, die aus einem Lautsprecher mit $\pm 1,5$ dB im Labor ± 12 dB im Regieraum machen. Der hochwertige Studiolautsprecher O 86 führt bei Zustand 1 nach **Bild 10** immerhin zu ± 4 dB im mittleren Bereich und in den Tiefen (unterhalb 160 Hz) auch zu -8 dB. Borja [7] weist nach, daß die Einstellung „gerade“ notwendig ist. Auch im LEDE-Regieraum sind starke Schallreflexionen unvermeidlich. Die Nachhallzeiten nach **Bild 5** und das Reflektogramm nach **Bild 6** machen dies deutlich. Erforderlich wird die Einmessung, die letztlich auch von Fierstein gutgeheißen wird, wenn er sagt: „Finally, an equalizer can be used to fine tune the speaker system, if its anechoic chamber response needs changing.“ Bei Vermeidung aller Schallreflexionen nach Zustand 3 müßte also der beste Raumzustand erreicht sein. Die Nachhallzeit liegt nach **Bild 5** bei rund 0,2 s und ist

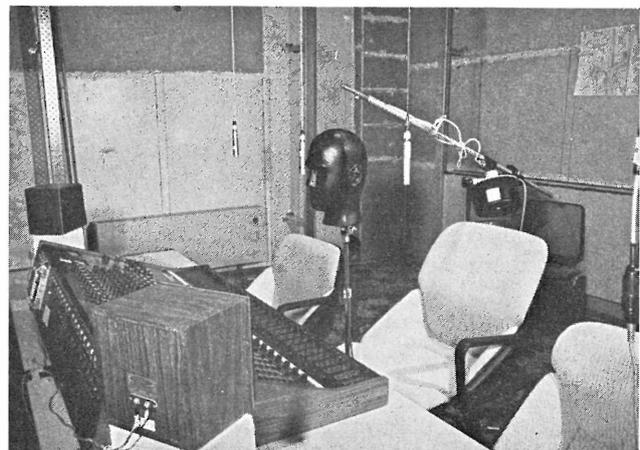
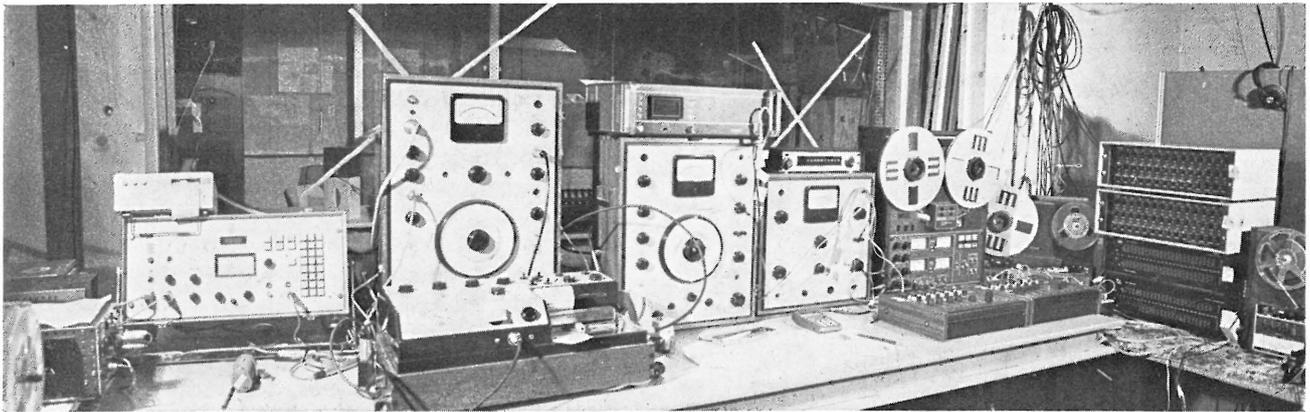


Bild 12

Kunstkopf am Regietisch in Raummitte mit vier Aufnahmemikrofonen für Vierkanalaufnahme und Meßmikrofon 10 cm über dem Kopf

**Bild 13**

Meß- und Aufnahmeapparatur für Pegel-, Frequenzgang- und Nachhallmessungen, Vierkanal- und Kunstkopfaufnahmen

weitgehend geradlinig. Der Regieraum kann als sehr trocken bezeichnet werden. Eine gleiche Einschätzung erfolgt durch Hirata [13], der für etwa 55 Abhöräume fand ($V = 80$ bis 100 m^3):

- bis 0,2 s zu trocken
- 0,2 bis 0,3 s optimal
- mehr als 0,3 s zu hallig.

Toole [14] führt als Optimum Werte von 0,3 bis 0,35 s an und verweist auf ähnliche Angaben nach IEC-Empfehlung.

4. Schallaufnahme mit dem Kunstkopf

Die Schallaufnahme im jeweils umgebauten Regieraum war die einzige Möglichkeit, eingespielte Musikbeispiele zu bewerten. Beim Abhören der Kunstkopfaufnahmen sollten später nur Raumzustände verglichen werden. Dabei blieben konstant: Musikbeispiele vom Testband, Lautsprecher und Abhörentfernungen. Zwar konnte auch bei den einzelnen Messungen abgehört werden, zwischen den jeweiligen Raumzuständen lagen jedoch Tage und Wochen, so daß Erinnerungen verlöschten und keinen Vergleich zuließen.

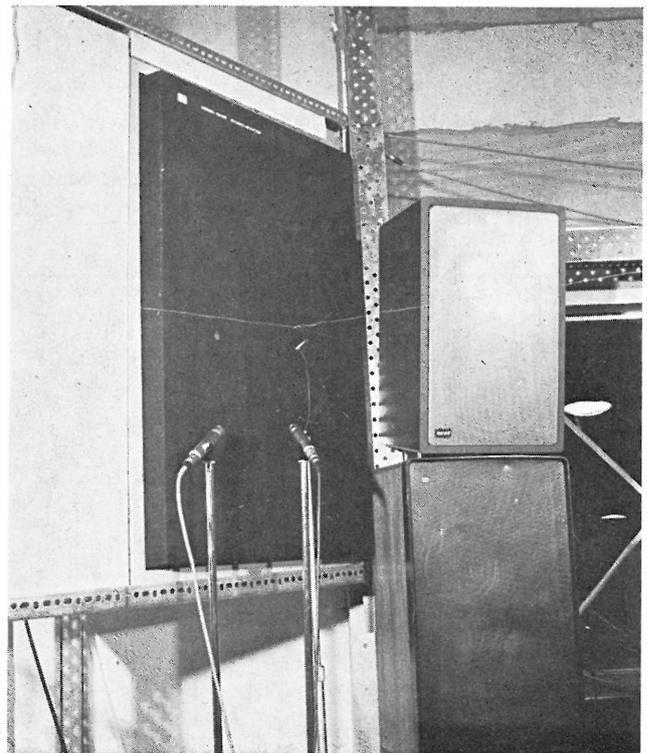
Der Kunstkopf (von Neumann, Berlin) ist in seiner Position in **Bild 12** zu erkennen. Seine technischen Eigenschaften, Vor- und Nachteile sind bekannt [15, 16]. Die Verwendung für Vergleiche von Raum- und Abhörzuständen ist bereits oft mit Erfolg vorgenommen worden. Mit der Meß- und Aufnahmeapparatur nach **Bild 13** konnte sichergestellt werden, daß Pegel, Frequenzgänge und Aufnahmequalität stimmten. Der Einspiellautsprecher, der für die hier interessierenden Vergleiche benutzt wurde, ist in **Bild 14** (oben rechts) zu sehen. Es ist der O 96 von Klein & Hummel.

5. Bewertung der Regieräume

Die Kunstkopfaufnahmen in den vier Regieräumen wurden zu einem Testband zusammengefügt, das für verschiedene Musikbeispiele die Frage stellte: Welcher der im AB-Vergleich gehörten Raumzustände gefällt besser? Das Ergebnis war anzukreuzen. Zu Gehör gebracht wurden vier Beispiele, nämlich Kam-

merorchester, Kirchenorgel, Schlagzeugsolo und Disko-Sound. Die Untersuchungen in den Regieräumen erfolgten mit zehn Musikbeispielen und mit Sprache, so daß für weitere Auswertungen genügend Material zur Verfügung steht.

Die weiteren Beispiele sind: Großes Orchester, Flöte mit Kammerorchester, Solo Sopran mit kleiner Begleitung, Klavier, Chor, Big Band. Zu der Auswahl der Musikbeispiele sei auf das Testband verwiesen, das im Zuge der Einführung neuer Regieraumlautsprecher im deutschen Rundfunk verwendet wurde. Es handelt sich um anerkannt hochwertige Aufnahmen, die – so wird zunächst angenom-

**Bild 14**

Anordnung der drei Regielautsprecher neben dem Regiefenster

links: 4343 von JBL

oben: O 96 von Klein & Hummel

unten: P 7302 SLVI von Heco

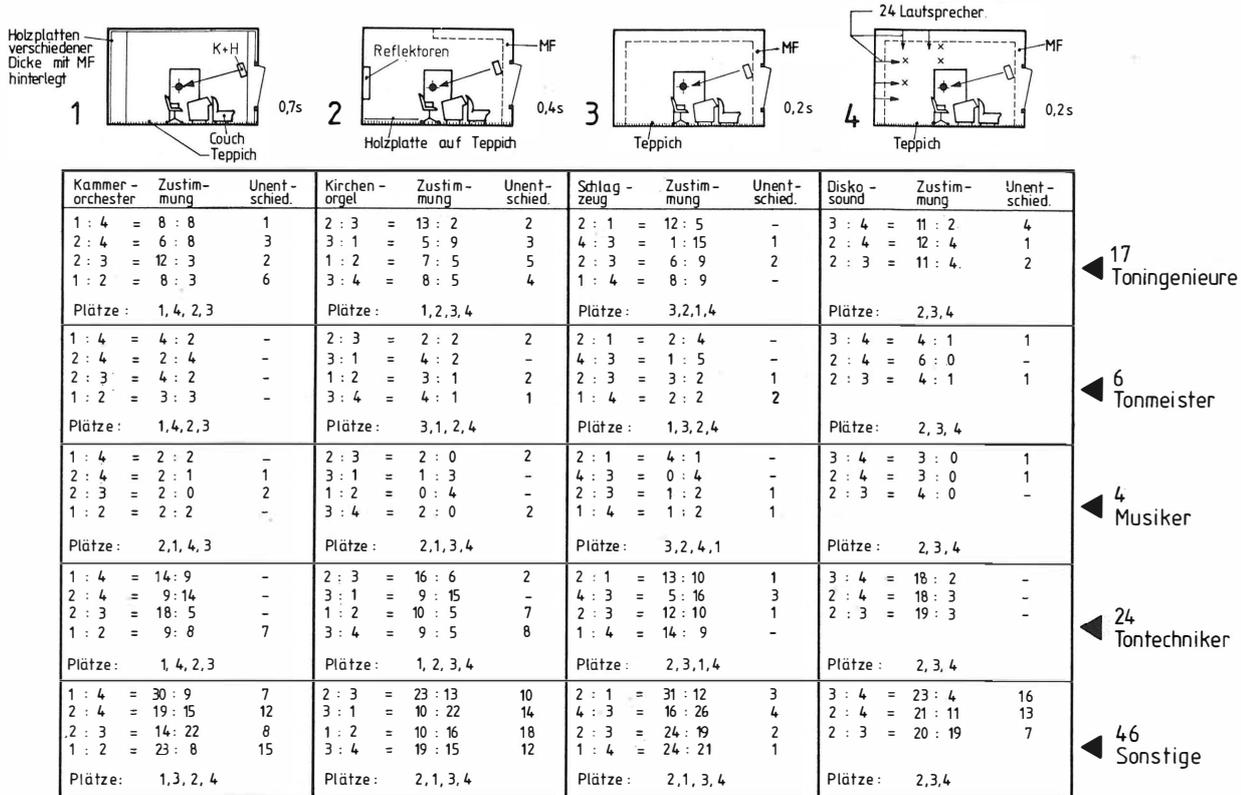


Bild 15
Bewertung von vier Musikbeispielen in vier Regieräumen und Ermittlung der Platzfolge

men – in einem Regieraum ohne Fehler gemacht wurden, so daß in den Aufnahmen nicht Fehler des Regieraumes stecken [7]. Dennoch gab es sachkundige Versuchspersonen, die diese oder jene Aufnahme außerhalb der Fragestellung als schlecht bezeichneten. Das hat jedoch nicht nur für einen Raumzustand gegolten, sondern für mehrere, so daß nicht etwa der gerade gehörte Regieraum Ursache für die Benotung war.

Der Fragebogen hatte folgenden Text: „Sie hören die Lautsprecherwiedergabe im Regieraum. Die Lautsprecher des Typs „B“ bleiben erhalten. Der Regieraum wird geändert in vier Zustände, nämlich

1, 2, 3 und 4. Zu beurteilen ist die Qualität der Wiedergabe im jeweiligen Vergleich zwischen z. B. 2 und 4 oder 1 und 2 usw. Entscheiden Sie spontan und rein subjektiv. Vor dem jeweiligen Beispiel werden die Zustände genannt.“

Für die vier Musikbeispiele sind in **Bild 15** alle Antworten zusammengestellt, unterteilt nach Berufsgruppen. Es haben teilgenommen:

- 17 Toningenieure
- 6 Tonmeister
- 24 Tontechniker
- 46 Raum- und Elektroakustiker
- 4 Musiker

90 Testpersonen.

Die jeweilige Platzfolge für die Regieraumzustände ist angegeben. Nimmt man alle Berufsgruppen zusammen, dann ergibt sich nach **Bild 16** der bevorzugte Regieraum.

Bild 15 verdeutlicht, daß der hallige Regieraum 1 für Kammermusik bevorzugt wurde. Beim Vergleich zwischen Zustand 2 und 4 haben sich überraschend vier Tonmeister für Zustand 4 und zwei für Zustand 2 ausgesprochen. 14 : 9 lautet das Ergebnis bei den Tontechnikern und 8 : 6 bei den Toningenieuren. Das heißt, daß es offenbar gelingt, durch künstliche Reflexionen mittels Lautsprechern den Zustand 3 zu verbessern. Dieser erreicht nämlich nur den 4. Platz.

Widerlegt ist offenbar die Auffassung, daß das Unterdrücken aller Schallreflexionen die Aufnahme selbst am besten erkennbar macht. Für Schlagzeug

	1. Platz	2. Platz	3. Platz	4. Platz
Kammermusik	1, 1, 1, 1, 2 1	4, 4, 4, 3, 1 4	2, 2, 2, 2, 4 2	3, 3, 3, 4, 3 3
Kirchenorgel	1, 3, 1, 2, 2 1	2, 1, 2, 1, 1 2	3, 2, 3, 3, 3 3	4, 4, 4, 4, 4 4
Schlagzeug	3, 1, 2, 2, 3 2	2, 3, 3, 1, 2 3	1, 2, 1, 3, 4 1	4, 4, 4, 4, 1 4
Disko - Sound	2, 2, 2, 2, 2 2	3, 3, 3, 3, 3 3	4, 4, 4, 4, 4 4	-

Musiker
 Sonstige
 Tontechniker
 Tonmeister
 Toningenieure

1 Halliger Raum T~0,7s
 2 LEDE nach Davis 0,4s
 3 Reflexionsarmer Raum 0,2s
 4 Wie 3, mit 24 Lautsprechern 0,2s

Bild 16

Raumzustände 1 bis 4 und ihre Bewertung durch Berufsgruppen bei vier Musikbeispielen, Feststellung des 1. bis 4. Platzes

und Disko-Sound erreicht LEDE den 1. Platz. Die Aussagen sind sehr eindeutig. Zwar folgt auf Platz 2 der bedämpfte Regieraum, beim Vergleich zwischen Zustand 2 und 3 heißt es jedoch 11 : 4, 4 : 1, 19 : 3, 20 : 19 und 4 : 0. Der fast überbedämpfte Regieraum mit zum Teil weniger als 0,2 s Nachhallzeit wird also abgelehnt. Diese Entscheidung ist verständlich, denn im bedämpften Regieraum ist der Klang so trocken und die Schallanteile kommen so betont von vorn, daß manche „trocken aufgenommenen“ Instrumente aus dem Lautsprecher „zu fallen“ drohen. Bereits für das Schlagzeug wird die Halligkeit des LEDE-Raumes deutlich abgelehnt. Immerhin entschieden sich neun Toningenieure für Zustand 3, sechs für Zustand 2 und zwei für ungewiß. Auch bei den Tonmeistern hielten sich die Entscheidungen die Waage: drei für Zustand 2, zwei für Zustand 3 und eine Enthaltung.

Für den Regieraubau ergeben sich daraus mehrere Aspekte:

- Viele bestehende hallige Regieräume können für klassische Orchestermusik und Orgel durchaus gut sein, obwohl zahlreiche Schallreflexionen von Türen, Gestellen und Fenstern am Abhörplatz ein treffen.
- Trockenere Schallaufnahmen für Pop, Disko, Tanzmusik und Rock erlauben den halligen Raum nach Zustand 1 nicht. Da sich schon bei Schlagzeug die Halligkeit des LEDE-Raumes bemerkbar macht, wird letztlich Zustand 3 günstiger sein. Hinzu kommt eine weitere Überlegung, die sich auf die benachbarten Plätze am Regietisch bezieht. Für einen breiteren Abhörbereich wird es unter Umständen schwer sein, die Kriterien des LEDE-Raumes zu verwirklichen, d. h. erste Reflexionen auszublenken. Viel leichter dagegen ist die Unterdrückung der Reflexionen durch Schallschluckmaterial.
- Lautsprecher müssen im Raum mit Bezug auf den Abhörplatz eingemessen werden. Dazu sind zumindest Terzfilter nötig. Die Pegelkorrektur durch das Filter ist um so geringer, je besser Lautsprecher und Raum sind.
- Offen bleibt zunächst die Tauglichkeit eines Regieraumes für Sprache. Gerade hier bestehen jedoch wesentlich größere Empfindlichkeiten beim Menschen. Die Hörbarkeitsschwellen liegen sehr niedrig. Zum Beispiel wird eine Reflexion mit 30 ms Verzögerung wahrgenommen, wenn sie für Musik - 12 dB und für Sprache - 25 dB aufweist (Seraphim 1961). Das heißt, daß die Halligkeit im Regieraum unerwünscht ist, da sie die Beurteilung des Studios und der Studioaufnahme erschwert. Die Auswertung der Sprachaufnahmen für die Zustände 1 bis 4 steht noch aus.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß Halligkeit in Regieräumen für eine Reihe von Musikarten erwünscht ist. Die LEDE-Konzeption wird nach eindeutiger Aussage für Disko-Sound bevorzugt. Hinzuzurechnen sind sicher Pop, Country, Jazz und Tanzmusik. Mit einer Nachhallzeit von etwa 0,4 s ist jedoch der Anteil von Halligkeit deutlich festzustellen, was z. B. bei „trockenem Schlagzeug“ als störend bezeichnet wird. Der bedämpfte Regie-

raum folgt für diese Musikarten jedoch auf Platz 2. Es ist nicht auszuschließen, daß er als überbedämpft empfunden wurde, was durch die Kunstkopfaufnahme noch verstärkt hörbar wurde. Der Regieraum mit künstlichen Schallreflexionen durch Lautsprecher bleibt interessant, da er z. B. im Vergleich mit Zustand 2 bei Kammermusikorchester wesentlich besser abschneidet. Hier werden differenziertere Einstellungen der Lautsprecher wahrscheinlich noch bessere Ergebnisse bringen. Zumindest besteht der Vorteil, die Zusatzlautsprecher einfach abzuschalten.

Die Regieraumakustik beeinflusst den Klang des aufgenommenen oder abgemischten Klangbildes. Es stellt sich die Frage, wie diese Klangbilder verfälscht werden und in welchem Regieraum dies am wenigsten geschieht.

Da alle Kunstkopfaufnahmen getrennt mit den drei Lautsprecherpaaren gemacht wurden, sind auch leicht Vergleiche zwischen den eingemessenen Lautsprechern möglich, wenn der Raumzustand konstant bleibt. Auch diese Auswertungen mit Testpersonen sind noch nicht erfolgt.

Es sei abschließend vermerkt, daß der Regieraum des IAB Ende 1981 fertiggestellt wurde. Sein Ausbau entspricht den Kriterien des Zustandes 3. Die einzelnen Lautsprecher sind mit Terzfiltern vom Typ EQ 270 von Dynacord eingemessen worden, so daß die drei Lautsprecheranlagen wahlweise verwendet werden können.

SCHRIFTTUM

- [1] Völker, E.-J.: Gezielte raumakustische Ausgestaltung der Nachrichtensprecherräume des Hessischen Rundfunks und der Studios der „Werbung im Rundfunk GmbH“ in Frankfurt. Die Schalltechnik 26 (1966), Nr. 67/78, S. 1 bis 9.
- [2] Völker, E.-J.: Listening conditions in an almost direct sound field. 59th AES Convention, Hamburg 1978. Preprint 1314 (A-5).
- [3] Völker, E.-J.: Loudspeaker sound, its propagation and modification in the studio control room. 56th AES Convention, Paris 1977. Preprint 1219 (C-1).
- [4] Müller, L.: Zur Klangfärbung durch Kurzzeitreflexionen bei Rauschen, Sprache und Musik. Vortrag auf dem 6. Internationalen Kongreß für Akustik, Tokio 1968.
- [5] Völker, E.-J.: Beeinflussung der Mikrofonaufnahme durch Schallreflexion, Klangfärbung und Aufnahmetechnik. Fernseh- und Kinotech. 28 (1974), S. 223 bis 226.
- [6] Plenge, G.: Über die Hörbarkeit kleiner Änderungen der Impulsantwort eines Raumes. Acustica 25 (1971), S. 315 bis 325.
- [7] Børja, S. E.: How to fool the ear and make bad recordings. J. of the Audio Eng. Soc. 25 (1977), S. 482 bis 490.
- [8] Davis, D.: Engineering an LEDE™ control room for a broadcasting facility. 67th AES Convention, New York 1980. Preprint 1688.
- [9] Plenge, G.; Wollherr, H.: Entwicklung eines neuen Regielautsprechers. Tech. Ber. Nr. 1103 des IRT, München 1977.
- [10] Völker, E.-J.: Berechnung von Lautsprecheranlagen in der Praxis. Frequenz 35 (1981), S. 195 bis 198.
- [11] Thiele, R.: Richtungsverteilung und Zeitfolge der Schallrückwürfe in Räumen. Acustica 3 (1953), S. 291 bis 302.
- [12] Flierstein, A.: The equalization myth. db-Magazin (1977), Nr. 8, S. 32 bis 34.
- [13] Hirata, J.: Optimum reverberation times of monitor rooms and listenings. 68th AES Convention, Hamburg 1981. Preprint 1730.
- [14] Toole, F. E.: Listening test — turning opinion into fact. 69th AES Convention, Los Angeles 1981. Preprint 1766 (H-2).
- [15] EBU: Determination of the acoustical properties of control rooms and listening rooms for broadcasting programmes. Tech. Rec. R22-1980. Hrsg. v. d. UER, Brüssel.
- [16] Wilkens, H.: Kopfbezügelte Stereophonie — ein Hilfsmittel für Vergleich und Beurteilung verschiedener Raumeindrücke. Acustica 26 (1972), S. 213. bis 221.

DIE PRAKTISCHE FEHLERSUCHE AN GERÄTEN MIT MIKROCOMPUTERN

VON KARL-HEINZ TRISSEL¹

Manuskript eingegangen am 7. Mai 1982

Automation

Zusammenfassung

Durch das Zusammenwirken von Hardware und Software in Geräten mit Mikrocomputern erscheint deren Funktionsweise auf den ersten Blick unübersichtlich und schwer durchschaubar; daraus könnte man schließen, daß Servicearbeiten an solchen Geräten entsprechend schwierig sind.

Der Aufsatz diskutiert deshalb mögliche Fehlerquellen und deren Beseitigung. Besondere Berücksichtigung findet die Anwendung von Servicerroutinen, mit deren Hilfe der Mikrocomputer selbst zur Fehlersuche herangezogen werden kann. Der dabei mögliche Komfort reicht von einfachen Stimulusprogrammen bis zu automatischen Diagnoseprogrammen mit Fehlerlokalisierung und Meldung im Klartext. Durch solche Hilfsmittel wird der Service sogar einfacher als bei konventionellen Geräten.

Der Aufsatz beschreibt Funktion und Anwendungsbereich derartiger Servicerroutinen und gibt Richtlinien für deren systematische Anwendung bei der Fehlersuche.

Summary Practical fault location on apparatus incorporating microcomputers

Because of the interaction of the hardware and software in equipment incorporating microcomputers, the manner of functioning of such equipment appears, at first sight, to be unclear and non-transparent; one might conclude therefrom that servicing such equipment would be correspondingly difficult.

The article, therefore, discusses the possible sources of faults and their elimination. Particular attention is given to the application of servicing routines, by means of which the microcomputer itself can be used for fault location. The facilities thus made available range from simple stimulus programs to automatic diagnostic routines with fault location and display in plain language. Such facilities render servicing even simpler than in the case of conventional equipment.

The article describes the functioning and areas of application of such servicing routines and indicates guidelines for their systematic application for fault location.

Sommaire Détection fonctionnelle des pannes dans des équipements comportant des microprocesseurs

Le fonctionnement des équipements comprenant des microprocesseurs apparaît à première vue confus et embrouillé, à cause de l'interaction du matériel informatique et du logiciel; on pourrait de ce fait en conclure que leur maintenance est tout aussi complexe.

L'article examine les causes éventuelles de panne et leur élimination. On envisage notamment l'application de mesures régulières de maintenance qui permettraient d'utiliser le microprocesseur lui-même pour détecter les pannes. Les possibilités ainsi offertes vont du simple programme de stimulation aux programmes de diagnostic automatique avec localisation de la panne et indications en clair. De telles méthodes rendent la maintenance encore plus simple qu'avec des équipements classiques.

L'article décrit le fonctionnement et les champs d'application de ces procédés de maintenance, et il fournit des directives pour leur utilisation systématique dans la détection de pannes.

Die Zahl der Geräte, die mit einem Mikrocomputer ausgerüstet sind, nimmt beständig zu, auch im Fernsehbetrieb. Das Spektrum reicht von einfachen Anwendungen, bei denen der Mikrocomputer lediglich eine umfangreiche konventionelle Hardware ersetzt, bis zu solchen, bei denen er zur Durchführung komplexer automatischer Abläufe dient, den „intelligenten“ Geräten. Mehrere solcher intelligenten Geräte können darüber hinaus untereinander – z. B. über ein Fernwirksystem – gekoppelt sein; in diesem Fall handelt es sich um ein System der „verteilten Intelligenz“ [1, 2].

Durch das Zusammenwirken von Hardware und Software in solchen Geräten erscheint deren Funktionsweise auf den ersten Blick unübersichtlich und schwer durchschaubar. Daraus wäre zu folgern, daß derartige Geräte bei der Fehlersuche den Servicetechniker vor große Probleme stellen. Sicher sind die Serviceprobleme von völlig neuer Art und für den Servicetechniker ungewohnt. Glücklicherweise eröffnen sich jedoch gerade beim Gerät mit Mikrocomputer zusätzliche Hilfsmittel für den Service.

Die Unterstützung des Service durch geeignete Testprogramme ist beim Minicomputer „von der

Stange“ heute längst Stand der Technik. Beim anwenderorientierten Gerät mit integriertem Mikrocomputer läßt jedoch die diesbezügliche Unterstützung durch den Hersteller meist zu wünschen übrig.

Das vom IRT entwickelte MOSAIC-System (**M**odular **O**rganisiertes **S**ystem bei **A**nwendung **I**ntelligenter **C**omponenten) [1, 2, 3] ist eine Familie von Geräten für die Automatisierung im Fernsehstudio, die alle mit integrierten Mikrocomputern ausgerüstet und über ein Fernwirksystem zu einem System der verteilten Intelligenz gekoppelt sind.

Bei der Entwicklung des MOSAIC-Systems wurde von vornherein besonderer Wert auf hohe Betriebssicherheit und gute Servicemöglichkeiten gelegt. Insbesondere wollte das IRT mit gutem Beispiel vorangehen und hat für diese Geräte ein Softwarepaket zur Unterstützung der Hardwarefehlersuche entwickelt, das in allen MOSAIC-Komponenten eingebaut ist. Die dabei verwendeten Prinzipien der Fehlersuche sind jedoch ebenso auf andere Geräte mit Mikrocomputern anwendbar. Auch wenn die beschriebenen Features größtenteils keine Neuerfindung darstellen, so könnten davon doch Impulse für die Bereitstellung entsprechender Servicerroutinen bei anderen Geräten mit Mikrocomputern ausgehen.

Dieser Aufsatz setzt zum Teil Grundkenntnisse über die Funktion von Mikrocomputern und deren Bausteine (CPU, RAM, EPROM usw.) voraus, wie sie

¹ Dipl.-Phys. Karl-Heinz Trissl ist Leiter des Arbeitsbereiches Automationstechnik Fernsehstudio im Institut für Rundfunktechnik, München.

aus der reichhaltigen Literatur über Mikrocomputer (z. B. [4]) entnommen werden können.

1. Mögliche Fehlerquellen an Geräten mit Mikrocomputern

Fehler an einem Gerät mit Mikrocomputer können im Prinzip von der Software oder der Hardware oder auch von externen Störimpulsen herrühren.

1.1. Softwarefehler

Ganz allgemein kann festgestellt werden, daß in jedem komplexen Mikrocomputersystem, das bereits in Betrieb ist, noch (versteckte) Softwarefehler sein können. Die Zahl verbleibender Fehler läßt sich zwar u. a. durch neuartige („strukturierte“) Entwurfs- und Programmier Techniken minimieren. Auch die verwendete Programmiersprache (Assembler oder eine höhere Sprache) beeinflußt die Softwarequalität. Absolute Fehlerfreiheit kann jedoch auch der sorgfältigste Programmierer nicht garantieren.

Im Gegensatz zur Hardware hat die Software jedoch eine bemerkenswerte Eigenschaft: Sie kann nicht „kaputtgehen“. Eine vorhandene Software, die in einer bestimmten Weise schon einmal funktioniert hat, wird unter gleichen Konditionen in der gleichen Weise immer wieder funktionieren. Zu einem bestimmten Zeitpunkt festgestellte Softwarefehler waren schon vorher da. Selbstverständlich kann jedoch der die Software beherrschende Datenträger (z. B. EPROM) durch einen Bitausfall eine defekte Software vortäuschen; dies ist aber ein Hardwarefehler, der durch entsprechende Maßnahmen identifiziert werden kann (siehe Abschnitt 4.3.2.).

1.2. Hardwarefehler

Hardwarefehler sind für den Servicetechniker eigentlich nichts Neues. Im Vergleich zur Hardware konventioneller Geräte ergeben sich jedoch folgende Unterschiede:

- Es kommen die Hardwarebausteine des eigentlichen Mikrocomputersystems [2] hinzu, und zwar hochintegrierte ICs, wie RAMs, EPROMs, UARTs und die CPU, der Mikroprozessor selbst.
- Durch die enge funktionsmäßige Verknüpfung dieser Bausteine untereinander ist die Ursache einer Fehlfunktion nicht so ohne weiteres durch übliche Meßtechnik zu ergründen.

Selbst eine gründliche Kenntnis der Funktionsweise des Mikrocomputers ist nicht immer ausreichend. Systematisches Vorgehen bei der Fehlersuche und die Zuhilfenahme geeigneter Testprogramme führen hier zum Erfolg (siehe Abschnitt 6.).

1.3. Fehler durch externe Störungen

Auch Einstreuungen externer elektrischer Störimpulse können Störungen am Mikrocomputer bewirken. Eigentlich sollte das System durch geeignete Maßnahmen von vornherein gegen derartige Störungen unempfindlich sein, etwa durch

- zweckmäßige Verdrahtung der Masse- und Versorgungsspannungsleitungen,
- ausreichende Abblockung der Versorgungsspannungen durch Kondensatoren,

- günstige Stiftbelegung am Prozessorbus,
- galvanische Trennung des Mikrocomputersystems von seiner Umwelt.

Bei Einhaltung der genannten Maßnahmen durch den Hersteller ist die Wahrscheinlichkeit für derartige Störungen sehr gering. Liegen jedoch diesbezügliche konstruktive Mängel vor, so sind sie nachträglich kaum mehr zu beseitigen. In solchen Fällen bleibt nichts anderes übrig, als für eine Verminderung der Einstrahlungen zu sorgen (keine geographische Nähe zu Störquellen usw.).

2. Anatomie der Softwarefehler

Software wird auf andere Weise (und meist von anderen Leuten) erstellt als Hardware; Softwarefehler sind deshalb auf andere Weise zu beseitigen als Hardwarefehler. Daher ist es wünschenswert, die Charakteristika von Softwarefehlern zu kennen, um sie möglichst sicher von Hardwarefehlern unterscheiden zu können.

2.1. Auswirkungen von Softwarefehlern

Softwarefehler äußern sich

- im günstigsten Fall in einem unerwarteten Fehlverhalten des Gerätes,
- im schlimmsten Fall im „Aussteigen“ des Rechners, d. h. der Mikrocomputer verirrt sich in eine unsinnige Programmschleife, was die normale Funktion des Gerätes ganz oder teilweise beendet.

Ist der Rechner ausgestiegen, so verhilft nur der erneute Start des Programms zur Wiederherstellung seiner normalen Funktion. Leider ist ein Fehlverhalten bzw. ein Rechnerausstieg nicht immer reproduzierbar. Die heimtückischsten (und damit am schwersten lokalisierbaren) Softwarefehler sind diejenigen, die sich nur beim zufälligen Zusammentreffen von bestimmten, von außen nicht überschaubaren Bedingungen äußern. Die Wahrscheinlichkeit für ein solches Zusammentreffen kann im Extremfall so klein sein, daß der Fehler beispielsweise nur einmal pro Jahr zum Vorschein kommt.

2.2. Identifizierung von Softwarefehlern

Vor einer vorschnellen Diagnostizierung eines Softwarefehlers sollte bedacht werden, daß auch gewisse Hardwarefehler, insbesondere im Bereich der Speicherbausteine (EPROMs und RAMs), den Programmablauf beeinflussen und somit Softwarefehler vortäuschen können. Deshalb sollte bei Verdacht auf einen Softwarefehler nach dem Ausschließungsverfahren stets zuerst die Hardware mit den geeigneten Diagnosemitteln (siehe Abschnitt 4.3.) untersucht werden.

Ein sicheres Rezept für die Unterscheidung von Software- und Hardwarefehlern auf den „ersten Blick“ gibt es nicht. Da überdies die Wahrscheinlichkeit für Hardwarefehler bei einem in Betrieb befindlichen Gerät größer ist, liegt in der Regel die Beweislast für Softwarefehler bei der Hardware: Erst wenn die Hardwareleute schlüssig bewiesen haben, daß es an der Hardware nicht liegen kann, beginnen die Softwareleute, an einen Softwarefehler zu glauben.

Auf jeden Fall ist die Software bei den folgenden Indizien stets außer Obligo:

- wenn kein neuer Programmstart mehr möglich ist,
- wenn ein reproduzierbarer Fehler früher nie aufgetreten ist,
- wenn der Fehler bei anderen, identischen Geräten nicht auftritt.

2.3. Behebung von Softwarefehlern

Die Behebung von Softwarefehlern ist mit einer Änderung der Software verbunden. Jede Softwareänderung ist jedoch am rationellsten von demjenigen durchzuführen, der die Software erstellt hat. Eine Änderung durch den Anwender selbst würde voraussetzen:

- das Vorhandensein der gesamten Software als Quellprogramm, und zwar nicht nur als Liste, sondern auch auf einem computerlesbaren Datenträger (Kassette, Diskette, Platte);
- umfangreiche Mittel zum Editieren, Übersetzen und Binden der Software; mit anderen Worten: ein komplettes Entwicklungssystem.

Von den Schwierigkeiten, sich in fremde Software einzuarbeiten (auch wenn sie gut dokumentiert ist), soll gar nicht die Rede sein. Aus den genannten Gründen sollten erkannte Softwarefehler deshalb stets beim Lieferanten der Software reklamiert werden.

Bis zur Implementierung einer verbesserten Software durch den Hersteller muß der Anwender mit dem Softwarefehler leben. Dies schadet nicht viel, wenn der Fehler selten auftritt. Wenn er auftritt, ist eben das Programm neu zu starten. Dieser neue Programmstart kann jedoch sehr lästig werden, wenn der Rechner in seiner Startroutine inzwischen erarbeitete Daten (z. B. Takedaten bei einem Schnittsystem) löscht. Ein solches Löschen (oder definiertes Überschreiben) gewisser Plätze des Arbeitsspeichers ist beim ersten Einschalten des Gerätes durchaus erwünscht, würden doch ansonsten irgendwelche Zufallswerte als Daten interpretiert; beim Programmstart nach einem Rechnerausstieg kann das jedoch sehr unangenehme Folgen haben.

Aus diesem Grund sollte die Software eines jeden Gerätes zwischen einem „neuen Start“ (nach dem Einschalten) und einem „Re-Start“ (bei einem zwischenzeitlichen Programmstart) anhand interner Prüfungen automatisch unterscheiden.

3. Hardwarefehler und deren Beseitigung

Aus dem bisher Gesagten ergibt sich, daß es für den Anwender vor allem notwendig, aber auch hinreichend ist, sich bei der Fehlersuche an Geräten mit Mikrocomputern mit der Hardware zu befassen. Die heute besonders in Geräten mit Mikrocomputern verwendeten höchstintegrierten Schaltkreise weisen zwar eine hohe Zuverlässigkeit auf, durch Alterung und versteckte Fertigungsfehler können allerdings auch bei diesen Bausteinen Defekte auftreten. Hinzu kommen die von konventionellen Geräten her bekannten Fehlermöglichkeiten an sonstigen diskreten Bauelementen und insbesondere an Lötstellen.

3.1. Beste Methode der konventionellen Meßtechnik: Signalverfolgung

Das klassische Hilfsmittel der systematischen Fehlersuche in der Analogtechnik ist das Prinzip der Signalverfolgung: Der Weg eines Signals wird Schritt für Schritt durch Vergleich von gemessenen Ist-Werten mit den (aus dem Schaltbild entnommenen) Soll-Werten durch die Schaltung hindurch verfolgt. Im einfachsten Fall handelt es sich bei den Vergleichsgrößen um (statische) Spannungen, die mit dem Voltmeter gemessen werden. In komplizierteren Fällen, wenn es um beliebige periodische Vorgänge geht, werden diese Vorgänge auf dem Oszilloskop dargestellt und mit gegebenen Schirmbildfotos verglichen.

Selbstverständlich haben die konventionellen Fehlersuchmethoden auch für den Service an Geräten mit Mikrocomputern ihre Bedeutung, vor allem im Bereich der peripheren Schaltungstechnik, wo mit konventionellen Analog- und Digitalschaltungen gearbeitet wird (Beispiel: Zeitcodemodulator und Zeitcodegenerator-Analogteil beim MOSAIC-Interface).

Die Signalleitungen an den Ports, insbesondere aber im „inneren“ Bereich des Rechners, nämlich zwischen CPU, RAM und EPROM, weisen jedoch einen überaus komplexen Datenverkehr auf, der im normalen Betriebsfall nicht periodisch und vor allem nicht ohne weiteres identifizierbar ist. Identifizierbarkeit der Signale ist aber die Voraussetzung für Signalverfolgung. Computer sind jedoch programmierbar. Und da das Programm unmittelbaren Einfluß auf den Datenverkehr der interessierenden Signalleitungen hat, muß es möglich sein, durch spezielle (Test-)Programme identifizierbare Signale auf diesen Leitungen zu erzeugen. Gelingt dies, so ist die Signalverfolgung auch im inneren Bereich des Rechners bis zu den Ports und zum Teil darüber hinaus möglich.

3.2. Signalverfolgung auch am Mikrocomputer: Stimulusprogramme

Testprogramme, die speziell zur Erzeugung identifizierbarer Signale auf Signalleitungen dienen, diese also auf definierte Art stimulieren, werden im folgenden als „Stimulusprogramme“ bezeichnet. Charakteristische Eigenschaften, die zur Identifizierung der Signale verwendet werden, sind auf folgende Arten realisierbar:

- Das Stimulusprogramm bewirkt **eine einzige** Statusänderung an der betrachteten Signalleitung; die Identifizierung erfolgt mit einfachen Hilfsmitteln, wie Voltmeter oder Logikastkopf.
- Das Stimulusprogramm erzeugt eine **periodische** Statusänderung an der Signalleitung; die Identifizierung erfolgt mit den bekannten Hilfsmitteln zur Darstellung periodischer Vorgänge, wie etwa dem Oszilloskop.
- Das Stimulusprogramm erzeugt eine periodische Statusänderung mit einer **charakteristischen** Zahl von Übergängen innerhalb eines definierten Zeitabschnittes (Zeittor); die Identifizierung erfolgt mit Hilfe eines Start/Stop-Zählers (das Verfahren ist auch unter der Bezeichnung „transition counting“ bekannt).

- Das Stimulusprogramm erzeugt eine **nicht unbedingt periodische** Statusänderung, deren **Ablauf** jedoch innerhalb eines definierten Zeitabschnittes **charakteristisch** ist;
die Identifizierung erfolgt mit Hilfe des neuartigen Anzeigeelementes für nichtperiodische Signale, dem Signaturanalysator.

Die für die beiden erstgenannten Verfahren notwendigen Stimulusprogramme sind einfach und nicht aufwendig. Mit Hilfe der einmaligen gezielten Statusänderung ist zwar eine ausreichende Identifizierung von bestimmten Leitungen, insbesondere von Ports, aus einer größeren Zahl gleichartiger Leitungen möglich, doch ist das Verfahren wegen der notwendigen häufigen Terminalmanipulationen umständlich und zeitraubend.

Für die periodischen Statusänderungen gilt dies ebenfalls, solange das Testsignal nur auf einzelnen Leitungen erzeugt wird. Wendet man es jedoch mittels eines geeigneten Programms auf mehrere Leitungen an, so sind diese praktisch nicht unterscheidbar.

Diesen Nachteil vermeidet das „transition counting“: Jede mit dem Testsignal beaufschlagte Leitung weist eine andere, für sie charakteristische Zahl von Übergängen auf. Nachteilig ist dabei, daß der Aufwand für ein universell anwendbares Programm für dieses Verfahren groß ist und damit stets nur die vom Programm willkürlich beeinflussbaren Signalleitungen, nämlich die Ports, abgedeckt werden können.

Genau den letzteren Nachteil vermeidet die Signaturanalyse. Bei diesem Verfahren ist es lediglich erforderlich, daß die Signale auf den Leitungen innerhalb des Zeittores sich immer in gleicher Weise „bewegen“; wie sie sich bewegen, ist gleichgültig. Die Logikzustände und ihre zeitliche Zuordnung zum Zeitor schlägt sich jedoch in praktisch unverwechselbarer Weise in der daraus folgenden Signatur nieder. (Selbst die Verschiebung eines einzelnen Bits um eine Taktperiode würde zu einer anderen Signatur führen; siehe auch Abschnitt 3.5.)

Deshalb können mit der Signaturanalyse unter Verwendung geeigneter Stimulusprogramme praktisch alle Signalleitungen des Rechners (auch Adreß- und Datenleitungen) abgedeckt werden, ebenso Ausgabe-Ports und darüber hinaus auch alle peripheren Teile, auf die der Rechner noch irgendeinen Einfluß nehmen kann.

Das gilt naturgemäß nicht für Schaltungen, die reine Eingabefunktion haben (Eingabe-Ports). Diese werden – wenn auch etwas mühsamer – auf dem umgekehrten Wege getestet: Der Servicetechniker bewirkt eine definierte Änderung an den Eingängen (z. B. mit Schaltern), während der Rechner mittels eines dafür geeigneten „Stimulusüberwachungsprogramms“ den Eingang dauernd „beobachtet“ und jede Änderung meldet.

3.3. Selbsttätige Fehlersuche des Mikrocomputers: Diagnoseprogramme

Wie oben beschrieben, ist der Rechner durch geeignete Programme in der Lage, definierte Aktionen (in Speichern, auf Ausgabe-Ports) vorzunehmen, an-

dererseits aber auch das Auftreten bestimmter Zustände (in Speichern, auf Eingabe-Ports) zu konstatieren. Beide Verfahren lassen sich kombinieren: Der Rechner **agiert** und kontrolliert das Ergebnis seiner **eigenen** Aktionen. Auf diese Weise erhält man ein Fehlersuchverfahren, das vollautomatisch und ohne äußeres Zutun abläuft. Dafür geeignete Routinen werden als „Diagnoseprogramme“ (diagnostics) bezeichnet. Je nach Anwendungsbereich und Ausbaugrad des Programms werden eventuelle Fehler sogar lokalisiert und im Klartext gemeldet. Das kann soweit gehen, daß der defekte IC unmittelbar angegeben wird (z. B. EPROM-, RAM- und UART-Test).

Es ist leicht einzusehen, daß Diagnoseprogramme nur für solche Baugruppen zu realisieren sind, bei denen der Rechner unmittelbar oder wenigstens mittelbar das Ergebnis seiner eigenen Aktionen überprüfen kann; dies gilt für RAM, EPROM, UART und – mit Einschränkungen – für die CPU selbst. Im mehr peripheren Bereich des Rechners, also an und nach den Ein- und Ausgabeeinheiten (Ports), muß der Servicetechniker selbst die Überprüfung der Aktionen (in diesem Fall der Stimulusprogramme) vornehmen.

Ist es jedoch möglich, Ausgabekanäle mit gleichartigen Eingabekanälen kurzzuschließen (Schleifenbetrieb), dann kann nicht nur eine Signalverfolgung der Rechnersignale bis in die Eingabebereiche betrieben werden, vielmehr werden damit auch selbsttätige Diagnoseprogramme unter Einschluß der Dateneingangskanäle wieder ermöglicht (Beispiel: UART-Test, Abschnitt 4.3.3.).

Manche Systeme beinhalten derartige Schleifen von Natur aus. Bei ihnen bieten sich entsprechende Diagnoseprogramme für Schleifenbetrieb unmittelbar an (siehe Abschnitt 4.3.5.).

3.4. Anwendungsbereiche der Serviceroutinen

Bild 1 zeigt am Beispiel des MOSAIC-Interface, welche Hardwarebereiche durch Monitor- bzw. Diagnoseroutinen erfaßt werden. Es sind dies:

- RAM, EPROM, UART, CPU durch Diagnoseprogramme;
- Daten- und Adreßbus, Maschinensteuerung sowie Teile des Zeitcodegenerators und -lesers durch Stimulusprogramme, eventuell in Verbindung mit Signaturanalyse;
- komplette V.24/28-Schnittstellen, der Komplex Zeitcodegenerator/-leser im Schleifenbetrieb durch Diagnoseprogramme;
- Maschinenmeldung indirekt erfaßbar durch ein Stimulusüberwachungsprogramm, das Änderungen am Meldeingang überwacht;
- die gesamte „Schleife“ Steuerung-Meldung kann darüber hinaus durch ein gerätespezifisches Diagnoseprogramm überprüft werden.

Nicht erfaßbar ist selbstverständlich der FBAS-Analogteil, in dem in konventioneller Technik das FBAS-Signal in bezug auf die PAL-Vierer- und -Achtersequenz analysiert wird. Es wird jedoch untersucht, ob sich nicht auch in diesem Schaltungsteil die Signaturanalyse – eben ohne Rechnerunterstützung – nutzbringend anwenden läßt.

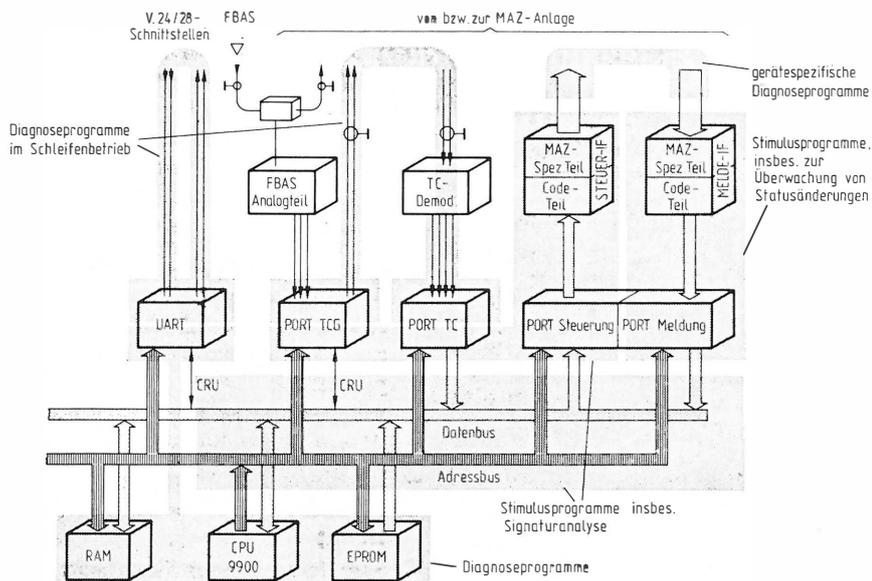


Bild 1

Anwendungsbereiche für Serviceroutinen am Beispiel des MOSAIC-Interface

3.5. Untersuchungen mit Hilfe definierter Impulsmuster: Signaturanalyse

Wie in Abschnitt 3.2. beschrieben, führt das Bemühen, komplizierte, nichtperiodische digitale Signalverläufe zu identifizieren, zur Signaturanalyse. Dieses Verfahren wurde erstmals von der Firma Hewlett-Packard vorgeschlagen [5]. Mittlerweile wird das dafür notwendige Meßgerät, der Signaturanalysator (**Bild 2**), von mehreren Firmen gefertigt.

Der zum Signaturanalysator gehörende Tastkopf benötigt

- ein Torsignal, das angibt, innerhalb welcher Zeitgrenzen die Datenanalyse stattfinden soll,
- ein Taktsignal, das die Übernahmezeitpunkte der Daten definiert und schließlich
- das Datensignal selbst, das von der zu analysierenden Leitung stammt.

Der Signaturanalysator bildet aus der Datenfolge über einen Algorithmus eine binäre Zahl, die für die Impulsfolge ebenso charakteristisch ist wie für einen Menschen seine Unterschrift (= Signatur). Diese Eigenschaft der praktisch eindeutigen Identifizierung einer Datenfolge macht die Signaturanalyse grundsätzlich auf dem gesamten Gebiet der Digitaltechnik einsetzbar. Am Mikrocomputer ergeben sich zwei Anwendungsmöglichkeiten:

- Anwendung unter „Freilaufbedingung“: Der Rechner arbeitet kein Programm ab, sondern wird durch geeignete Mittel dazu gebracht, kontinuierlich und sequentiell den gesamten Speicheradressraum zu durchfahren. Dadurch werden auf bestimmten Leitungen (z. B. Adreßleitungen) charakteristische Impulsfolgen erzeugt.
- Anwendung unter Benutzung eines Stimulusprogramms, wie schon in Abschnitt 3.2. erwähnt.

Der Anwendungsbereich für die Freilaufbedingung ist auf EPROM- und RAM-Tests beschränkt, wofür es jedoch auch brauchbare Diagnoseprogram-

me gibt. Deshalb kommt fast ausschließlich der Verwendung der Signaturanalyse in Zusammenhang mit einem Stimulusprogramm Bedeutung zu. Dieses Stimulusprogramm hat die Aufgabe, auf bestimmten Signalleitungen des Rechners ein jeweils reproduzierbar gleiches Impulsmuster zu erzeugen.

Die Messung der Soll-Signatur kann der Anwender im Prinzip natürlich selbst vornehmen. Dies sollte aber nur ein Notbehelf für die Anfangszeit sein. Vielmehr ist anzustreben, daß jeweils vom Gerätehersteller die Soll-Signaturen in die mitgelieferten Schaltungsunterlagen eingetragen werden.

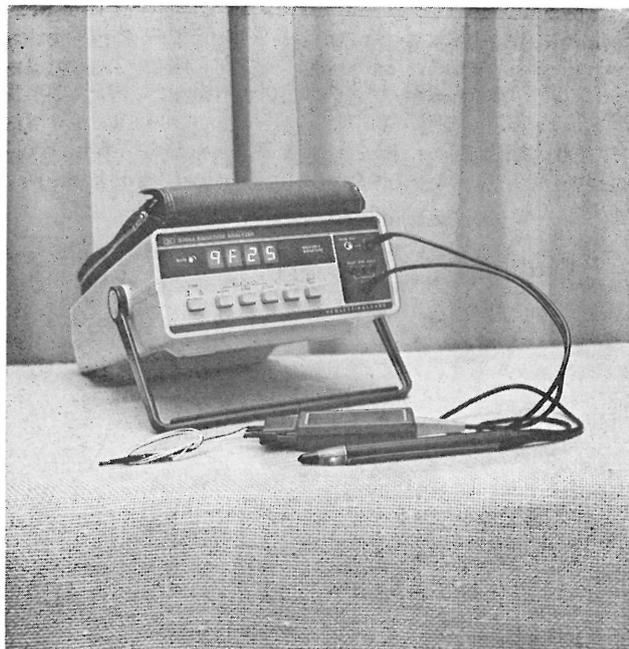


Bild 2

Signaturanalysator der Firma Hewlett-Packard

4. Das Spektrum nützlicher Serviceroutinen für die Hardwarefehlersuche

Zur Einführung in die angesprochenen Service-routinen wird im folgenden Abschnitt eine Übersicht über Funktion und Verwendung solcher Routinen gegeben.

4.1. Voraussetzungen für den Betrieb von Serviceroutinen

Für den Einsatz von Serviceroutinen ist es natürlich notwendig, daß durch den Fehler nicht diejenigen Teile der Hardware betroffen sind, die für den Betrieb der Routine mindestens erforderlich sind. Dies sind die CPU selbst, der von der Routine benutzte EPROM- und RAM-Bereich und – sofern ein Datenverkehr über ein Terminal notwendig ist – das entsprechende UART.

Ist diese Minimalkonstellation an Hardware nicht voll funktionstüchtig (d. h. die Serviceprogramme können nicht gestartet werden), so bleiben folgende zwei Wege:

1. Anwendung der Signaturanalyse unter Freilaufbedingung; diese Methode ist jedoch mühsam und erfaßt auch nur einen Teil der möglichen Fehler (siehe Abschnitt 3.5).
2. Sequentielles Austauschen von CPU-, RAM-EPROM- und UART-Platinen gegen solche, die erwiesenermaßen funktionieren. Dies erfordert nicht unbedingt einen Satz Reserveplatinen; es handelt sich nämlich gerade um diejenigen Universalplatinen, die in jedem Gerät der gleichen Bauart vorkommen. (Beim MOSAIC-System beispielsweise sind die genannten Baugruppen bei Interface und Bedienpult identisch.) Hat man auf diese Weise die defekte Platine gefunden, so kann in vielen Fällen mit Hilfe der nunmehr funktionierenden Serviceroutinen auch die defekte Platine untersucht werden, welche zu diesem Zweck als zusätzlicher RAM- bzw. UART-Bereich dazugesteckt werden kann.

Selbstverständlich gibt es Fälle, in denen der Servicetechniker sich doch auf die Ebene der konventionellen Meßtechnik begeben muß (wenn beispielsweise der Fehler in irgendeinem Bauteil der CPU-Platine steckt). Die Erfahrung zeigt jedoch, daß weit aus am häufigsten diejenigen Fehler auftreten, welche mit Hilfe der Serviceroutinen auffindbar sind.

4.2. Stimulusprogramme

Mehr oder weniger ausgebaute Stimulusprogramme sind für alle Mikrocomputer (meist unter der Bezeichnung „Monitorprogramme“) erhältlich. Sie laufen in der Regel unter der Kontrolle eines kleinen Betriebssystems, das einen „Driver“ (Treiberprogramm) für ein Terminal enthält sowie einen „Dispatcher“ (Verteilprogramm), der entsprechend der Terminaleingabe auf die unterschiedlichen Service-routinen verzweigt. Dazu kommen die erwähnten Stimulusprogramme selbst, je nach Ausbaugrad des Softwarepakets in unterschiedlicher Anzahl.

Die für die unterschiedlichen Mikrocomputer käuflichen bzw. gratis erhältlichen Stimulusprogramme sind jedoch meist sehr simpel aufgebaut. Sie enthalten nur wenige Routinen, die zudem einseitig auf die Anwendung durch den Hobbyelektroniker ausgelegt sind, der sich mit ihrer Hilfe einfache

Programme in Maschinensprache direkt in den Speicher schreibt und in Betrieb nimmt. Für die Anwendung als Stimulus sind diese Routinen als ein Satz von Grundfunktionen zwar auch erforderlich, sie sollten jedoch durch zusätzliche Programme ergänzt werden. Für die Hardwarefehlersuche ergeben sich die folgenden wünschenswerten Routinen:

1. Grundfunktionen, insbesondere für einmalige Hardwarezugriffe, die lediglich einen **statischen** Zustand ändern:
 - Routinen zum Anzeigen und Ändern von Programmablaufparametern, Registern und Speicherplätzen;
 - Routinen zum Anzeigen bzw. Ändern der Zustände von Eingabe- bzw. Ausgabe-Ports;
 - Routinen zur Überprüfung von Interruptsignalen und für das Zuschalten einzelner Interrupt-routinen;
 - Startkommandos für zusätzlich zum Stimulusprogramm vorhandene selbständige Routinen.
2. Funktionen für periodische Hardwaremanipulationen, die also einen **dynamischen** Vorgang in Betrieb setzen:
 - Routinen für definierte Datenänderungen in einem beliebigen Speicherplatz bzw. an einem speicheradressierten Ausgabe-Port;
 - Routinen für die Erzeugung von periodischen Signalen an sonstigen Ausgabe-Ports (mikroprozessorspezifisch);
 - Routinen für die Überwachung beliebiger Speicherplätze und speicheradressierter Eingabe-Ports in bezug auf Datenkonstanz bzw. -änderung;
 - Routinen für die Überwachung von sonstigen Eingabe-Ports.
3. Funktionen für dynamische Hardwaremanipulationen mit **genau definiertem** und **charakteristischem** Ablauf:
 - Routinen für „transition counting“, oder stattdessen
 - Routinen für die Signaturanalyse.
4. Spezielle Funktionen zur Kontrolle von **Steuerfunktionen** des vom Mikrocomputer **kontrollierten** Gerätes:

Diese Steuerfunktionen können zwar im Prinzip auch über andere, allgemeinere Stimulusprogramme ausgelöst werden (beispielsweise können die Funktionen „Play“ oder „Stop“ bei einer MAZ auch durch Ansprechen des betreffenden Ports mit einer unter 1. genannten Grundfunktion ausgelöst werden), dazu ist jedoch ein umständliches Hantieren mit Port-Adressen und ähnlichem notwendig.

Die vorteilhaftere Lösung besteht deshalb in der Realisierung gerätespezifischer Stimulusprogramme, die es erlauben, über die Eingabe einfacher, leicht zu merkender Befehle diese Funktionen unmittelbar auszulösen.

4.3. Allgemeine Diagnoseprogramme

Bei Minicomputern gehören Diagnoseprogramme („diagnostics“) zum Stand der Technik. Bei Mikrocomputern findet man sie heute noch kaum. Dies

mag an der recht hohen Zuverlässigkeit der durchweg mit hochintegrierten Halbleiterbausteinen aufgebauten Mikrocomputersysteme liegen oder aber an dem Bestreben, Platz und damit Geld am Programmspeicher (EPROM) zu sparen. Der Integrationsgrad der EPROMs nimmt jedoch laufend zu, der Preis sinkt. Damit fällt es zunehmend leichter, den Komfort auch im Servicebereich zu erhöhen, eben durch den Einbau von Diagnoseprogrammen. Diese sollten speziell auf die Anwendung im Mikrocomputer zugeschnitten und leicht zu handhaben sein.

Besondere Bedeutung kommt den Diagnoseroutinen für die Mikrocomputer-Grundbausteine zu, nämlich für

- den RAM-Speicher,
- den EPROM-Speicher,
- die UART-Bausteine und
- die CPU selbst.

Im folgenden wird die Funktionsweise solcher Programme beschrieben.

4.3.1. RAM-Test

Im Rahmen von RAM-Testroutinen werden die zu testenden Speicherplätze mit bestimmten Bitmustern beschrieben. Dabei sind zwei unterschiedliche Vorgehensweisen möglich:

1. Statischer RAM-Test:

In einem ersten Durchgang wird der gesamte zu testende RAM-Adreßbereich mit einem (durch einen Algorithmus) aus der jeweiligen Adresse berechneten Bitmuster beschrieben. Im zweiten Durchgang erfolgt das Abprüfen des Speicherinhalts auf den (wieder erneut berechneten) Sollwert.

2. Dynamischer RAM-Test:

Es werden nur wenige Speicherplätze mit bestimmten (konstanten) Bitmustern beschrieben und gleich anschließend überprüft.

Da beim letzteren, dynamischen Test nur jeweils wenige Speicherplätze gleichzeitig betroffen sind, ist es möglich, den ursprünglichen Inhalt derselben vorher zu „retten“ und nach Beendigung des Tests wieder zurückzuschreiben; das bedeutet, daß der Inhalt der Speicherzellen durch den Test nicht zerstört wird. Dies ist ein Vorteil des dynamischen Tests. Demgegenüber weist der statische Test den Vorteil auf, daß auch Adressierfehler sicher erkannt werden.

4.3.2. EPROM-Test

Dieser Test wird dadurch ermöglicht, daß zu jedem EPROM-Baustein eine bestimmte EPROM-Speicherzelle definiert ist, welche die binäre Summe des gesamten Inhalts des EPROMs als „Prüfbyte“ enthält (selbstverständlich ohne alle die Wortbreite des EPROMs übersteigenden Überträge). Beim EPROM-Test wird die Gesamtsumme erneut gebildet und mit dem Prüfbyte verglichen.

Da sich Einzelbitfehler bei EPROMs aus physikalischen Gründen praktisch immer in einem Bitwechsel derselben Richtung (von logisch Null auf Eins) äußern, ist es kaum möglich, daß sich Fehler gegenseitig kompensieren; der Test ist also sehr zuverlässig.

4.3.3. UART-Test

„UARTs“ sind die Sender-/Empfängerbausteine, mit denen Schnittstellen nach dem asynchronen Übertragungsverfahren (z. B. V.24/28-Schnittstellen) realisiert werden. Sie werden vom Mikrocomputer her direkt angesteuert. Derartige Sender-/Empfängerkonfigurationen lassen sich sehr leicht im Schleifenbetrieb testen:

1. Es wird Ausgang mit Eingang verbunden,
2. dann wird ein Testtelegramm gesendet und gleichzeitig der korrekte Empfang geprüft.

Bei UARTs sind zwei Testversionen möglich:

- interner Test:

Eingang und Ausgang werden durch einen Softwarebefehl intern im integrierten Schaltkreis miteinander verbunden;

- externer „Über alles“-Test:

Eingang und Ausgang werden durch einen Kurzschlußstecker am V.24/28-Anschluß verbunden.

Der interne Test bietet den Vorteil, daß er vollautomatisch ohne Umstecken von Leitungen durchgeführt werden kann. Der externe Test schließt jedoch auch neben dem UART noch vorhandene Hardwarekomponenten mit ein (eventuell vorhandene Optokoppler, Treiberbausteine, Verdrahtung).

4.3.4. CPU-Selbsttest

Beim CPU-Selbsttest hat die CPU ein kompliziertes Programm abzuwickeln, aus dem sie nur dann wieder „herausfindet“, wenn sie intern einwandfrei funktioniert. Infolge der Komplexität einer CPU können damit sicher nicht alle denkbaren Fehler ermittelt werden. Außerdem ist zu bedenken, daß massive Fehler der CPU den Start irgendeiner Routine von vornherein unmöglich machen würden.

Aus diesem Grund ist die CPU-Selbsttestroutine von untergeordneter Relevanz. Zum Trost soll an dieser Stelle vermerkt werden, daß CPU-Fehler erfahrungsgemäß sehr selten sind.

4.3.5. Gerätespezifische Diagnoseprogramme

Abgesehen von den bisher beschriebenen allgemeinen Diagnoseprogrammen für die Standardhardware des Mikrocomputers sind noch zusätzliche gerätespezifische Testroutinen für spezielle Hardware-schaltungen bestimmter Geräte realisierbar. Dabei handelt es sich meistens um die Nutzung einer Schleife, die entweder von vornherein vorhanden ist oder leicht hergestellt werden kann.

Bei Systemen nach dem Prinzip der verteilten Intelligenz sind Tests für das jeweils verwendete Fernwirksystem von Nutzen, z. B.:

- Bei Verwendung von V.24/28 als Fernwirksystem bietet sich der schon in Abschnitt 4.3.3. beschriebene UART-Test an.
- Beim Hasler-Bus (SILK-System) sind die Funktionstests für die Busstrecke in das Gesamtsystem mit integriert (Software für Lokal- und Zentralblocks).

In Geräten, die den Komplex Zeitcodegenerator/-leser aufweisen (z. B. MOSAIC-Interface), ist ein Testprogramm für Schleifenbetrieb vorgesehen. Hier-

für muß der Zeitcodegeneratorausgang mit dem Zeitcodelesereingang verbunden werden.

Ein typisches Beispiel für ein System, das von Natur aus eine Schleife enthält, die über das vom Mikrocomputer kontrollierte Gerät führt, ist ein intelligentes Interface, das eine Studioanlage steuert, z. B. eine MAZ-Anlage. Ein dafür geeignetes Diagnoseprogramm löst der Reihe nach verschiedene Steuerbefehle (Shuttle, Stop) aus und überprüft, ob die entsprechenden Meldungen von der Maschine eintreffen. Auf diese Weise wird der gesamte Übertragungspfad von Steuerung und Meldung sowie die Funktion der Maschine erfaßt. Im Falle einer MAZ-Anlage ist es darüber hinaus möglich, auch die komplette Zeitcodeverarbeitung in den Test mit einzubeziehen: Es wird eine kurze Sequenz Zeitcode aufgezeichnet, automatisch zurückgespult und die Lesbarkeit des Zeitcodes untersucht.

Selbstverständlich ist darauf zu achten, daß solche Diagnoseprogramme zum Teil auch „gefährliche“ Funktionen auslösen, z. B. ein Stück Band löschen. Aus diesem Grund ist es zweckmäßig, zwei Programmsequenzen vorzusehen:

1. eine (in bezug auf die Steuerfunktionen) nicht ganz vollständige, aber in jedem Fall **ungefährliche** Sequenz,
2. eine vollständige, auch **gefährliche** Funktionen enthaltende Sequenz.

Selbstverständlich muß die letztere Programmsequenz gegen versehentlichen Aufruf gesichert sein.

4.4. Verwendungsmöglichkeiten der Diagnoseprogramme

Die genannten Diagnoseroutinen lassen sich in drei Kategorien einteilen:

1. Diagnoseprogramme, die einer hardwaremäßigen Vorbereitung bedürfen, z. B.
 - externer UART-Test,
 - Test für Zeitcodegenerator/-leser.
2. Diagnoseprogramme, die zwar keiner hardwaremäßigen Vorbereitung bedürfen, die aber den momentanen Status der Hardware verändern könnten. Solche Tests sind z. B.
 - interner UART-Test,
 - statischer RAM-Test,
 - CPU-Selbsttest,
 - die meisten gerätespezifischen Diagnoseprogramme.
3. Diagnoseprogramme, die zu keiner Zeit einen schädlichen (d. h. verändernden) Einfluß auf die Umgebung haben, z. B.
 - dynamischer RAM-Test,
 - EPROM-Test.

Daraus ergibt sich, daß die Tests der 1. Kategorie vom Servicetechniker sinnvollerweise nur nach entsprechender Vorbereitung mit Hilfe eines Terminals aufgerufen werden können („interaktive“ Verwendung). Das Ergebnis der Tests kann über das Terminal **im Klartext** mitgeteilt werden.

Die Tests der 2. und 3. Kategorie können zwar auch interaktiv durchgeführt werden, erlauben aber auch eine automatische Abarbeitung.

Die Tests der 3. Kategorie sind so unschädlich, daß sie darüber hinaus auch ständig während des normalen Betriebes im „Hintergrund“ (d. h. in jeder verfügbaren Pause, in welcher der Mikrocomputer nicht anderweitig beschäftigt ist) ablaufen können.

Die Rückmeldung im Störfall erfolgt bei allen automatisch laufenden Tests zweckmäßigerweise über ein Fehlerlämpchen, das hauptsächlich eine O.K.-Meldung aller abgearbeiteten Tests darstellt, daneben aber auch geeignet ist, bereits gewisse Differenzierungen einer eventuellen Fehlerursache anzuzeigen (siehe Abschnitt 5.3.).

Aus der Sicht des **Anwenders** betrachtet ist die automatische Abarbeitung sämtlicher Tests der 2. und 3. Kategorie als **Funktionsprüfung** des Systems geeignet. Deshalb sollten sie in ihrer Gesamtheit

- bei jedem Einschalten des Gerätes,
- darüber hinaus eventuell zusätzlich ausgelöst durch eine Taste

abgearbeitet werden. Wegen der einfachen Bedienung und der klaren Anzeige (z. B. über ein Fehlerlämpchen) ist diese Funktionsprüfung jederzeit vom **Betrieb** durchführbar.

Sollte durch die Funktionsprüfung das Vorhandensein eines Fehlers festgestellt werden, stellt die gezielte interaktive Abarbeitung der Tests aller drei Kategorien das geeignete Mittel zur **Fehlersuche** dar. Dies wird in der Regel die Aufgabe der **Meßtechnik** sein.

5. Beispiel eines Softwarepaketes für die Hardwarefehlersuche – IRTBUG

Alle Geräte des MOSAIC-Systems enthalten für Servicezwecke ein identisches Softwarepaket, das IRTBUG (**IRT DEBUGGING**) SYSTEM. Es enthält Stimulus- und Diagnoseprogramme der oben beschriebenen Art für interaktiven und automatischen Betrieb.

5.1. Terminalanschluß

Für den interaktiven Betrieb ist ein Terminal mit einer V.24/28-Schnittstelle erforderlich. Das Spektrum dafür verwendbarer Geräte umfaßt

- einfache „Mikroterminals“ im Taschenrechnerformat (diese werden aus dem zu untersuchenden Gerät mit Strom versorgt),
- Terminals mit Videobildschirm oder Drucker,
- Terminals mit zusätzlichem Kassettenlaufwerk (damit können auch Daten oder Programme geladen werden).

Beim Starten des IRTBUG paßt sich dessen Driver automatisch der Übertragungsrate des Terminals an. Damit ist es möglich, Terminals mit sämtlichen genormten Übertragungsraten zwischen 110 Baud und 9600 Baud zu verwenden.

5.2. Interaktiver Aufruf der IRTBUG-Programme

Alle interaktiven IRTBUG-Routinen werden durch Eingabe genau definierter Kommandos (zuzüglich eventuell notwendiger Parameter) über das Terminal gestartet. Jedes Kommando besteht aus genau einem Zeichen, in der Regel einem Buchstaben von A bis Z. Insgesamt stehen über 26 Kommandos zur

Verfügung. Der Aufruf erfolgt auf komfortable Weise nach dem Dialogprinzip:

- Nach Eingabe des Kommandobuchstabens, z. B. „P“, ergänzt der Rechner den vollen Wortlaut des Kommandos (z. B. „PROVE RAM“),
- jeder zusätzliche Parameter wird vom Rechner einzeln im Klartext erfragt.

Insgesamt erscheint z. B. beim Test eines Speicherbereiches mit dem Kommando P folgender Ausdruck:

```
? PROVE RAM
FROM ADDRESS = D000, TO ADDRESS = E800,
STATIC TEST = 1,
DYNAMIC TEST: NO ERROR
STATIC TEST: NO ERROR
?
```

Der erfahrene Servicetechniker kann die Eingabe auf eine Kurzform umschalten; sie sieht dann so aus:

```
? - KILL DIALOG
? P D000,E800,1,
DYNAMIC TEST: NO ERROR
STATIC TEST: NO ERROR
?
```

Die IRTBUG-Software ist so konsequent in Module gegliedert, daß beim Erstellen (Binden) des gesamten Systemprogramms beliebige Programm-Module für IRTBUG-Kommandos ohne weiteres weggelassen werden können. Auf diese Weise ist es möglich, IRTBUG-Sparversionen mit eingeschränktem Befehlssatz und vermindertem Programmspeicherplatzbedarf zu generieren. Sämtliche IRTBUG-Routinen befinden sich in dem Softwarepaket „ALL-BUG“, das für den reinen Servicebetrieb gedacht ist

und auf einer separaten EPROM-Platine zur Verfügung steht.

Die IRTBUG-Programme entstanden aus den in Abschnitt 4. dargelegten Überlegungen. Bei der Wahl der Kommandobuchstaben für die Grundbefehle wurde auf Kompatibilität zu einem von der Firma Texas Instruments für das gleiche Prozessorsystem verfügbaren Monitorprogramm (TIBUG) geachtet, um das Umgewöhnen zu erleichtern. Die Routinen des IRTBUG sind jedoch durchweg komfortabler gestaltet. Eine nähere Beschreibung würde den Rahmen dieses Aufsatzes sprengen; dazu ist ein ausführlicher Bericht des IRT erschienen [6].

Die Eingabe eines Fragezeichens anstelle eines sonstigen Kommandos erzeugt den Ausdruck der Übersichtstabelle für alle IRTBUG-Kommandos (oder für Teile davon) auf dem Terminal (EXPLAIN-Funktion) und dient damit zur schnellen Information, wenn keine andere Gebrauchsanweisung zur Hand ist (Bild 3).

Passend zu den vom IRT entwickelten RAM-, EPROM- und UART-Platinen wurden Fehlerschablonen erstellt, die mit Hilfe der zugehörigen Diagnoseprogramme einen besonders schnellen Schluß von der Fehlermeldung des Rechners auf den defekten IC ermöglichen (Beispiel siehe Bild 4).

5.3. Automatischer Aufruf von IRTBUG-Programmen mit Fehleranzeige

Wie in Abschnitt 4.4. erläutert wurde, benötigen gewisse Diagnoseprogramme für die Abwicklung ihrer Tests keine äußere Hilfe und können somit vom Rechner selbsttätig durchgeführt werden. Dies gilt auch für die entsprechenden IRTBUG-Diagnoseprogramme. Die MOSAIC-Komponenten machen davon in folgender Weise Gebrauch:

? ? = EXPLAIN COMMANDS

COMMAND	DESCRIPTION	1. PARAMETER	2. PARAMETER	3. PARAMETER
A	ASSEMBLER			
B	BREAKPOINT	AT ADDRESS		
C	CRU INSPECT/CHANGE	CRU BASE	STRING LENGTH	
D	DUMP TO CASSETTE	FROM ADDRESS	TO ADDRESS	START ADDRESS
E	EXECUTE			
F	FIND/CHANGE WORD/BYTE	FROM ADDRESS	TO ADDRESS	PATTERN
G	GUARD MEM-ADDR PORT	AT ADDRESS	BUFFER LENGTH	DISPLAY ADDRESS
H	HEX ARITHMETIC	H1	H2	
I	INPUT FROM CRU	FROM ADDRESS	TO ADDRESS	DISPLAY ADDRESS
J	JUMP TO MAIN PROG			
K	K = SINGLE STEP			
L	LOAD FROM CASSETTE	BIAS ADDRESS		
M	MEMORY INSPECT/CHANGE	FROM ADDRESS	TO ADDRESS	
N	NOTE = BLOCK MOVE	FROM ADDRESS	TO ADDRESS	DEST ADDRESS
O	OUTPUT TO CRU	FROM ADDRESS	TO ADDRESS	RATE
P	PROVE RAM	FROM ADDRESS	TO ADDRESS	STATIC TEST
Q	QUIVER MEM-ADDR PORT	FROM ADDRESS	TO ADDRESS	RATE
R	REGISTER INSPECT/CHANGE	FROM REGISTER	TO REGISTER	
S	SIGNATURE ANALYSIS ROUTINE	IDENT #		
T	TURN INTERRUPT ON/OFF	LEVEL	ON/OFF	
U	UART TEST	CRU BASE	BAUD RATE	PATTERN
V	VERIFY EPROM	FROM ADDRESS	TO ADDRESS	
W	W/P/S INSPECT/CHANGE	FROM REGISTER	TO REGISTER	
X	X = EXTENDED TEST			
Y	YARNBEAM = CPU TEST			
Z	ZONAL CONSTANTS LOAD	FROM ADDRESS	TO ADDRESS	PATTERN
? ?	= EXPLAIN COMMANDS			
-	- KILL DIALOG			
+	+ RESUME DIALOG			

?

Bild 3
Liste aller IRTBUG-Kommandos
(automatischer Ausdruck des Rechners)

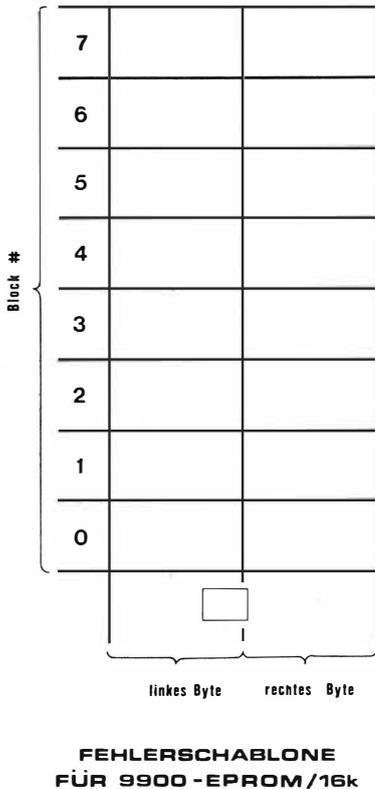


Bild 4

Fehlerschablone für vom IRT entwickelte EPROM-Platine

- EPROM-, UART-, CPU-Test sowie der statische und dynamische RAM-Test werden bei jedem neuen Programmstart (also beim Einschalten des Gerätes ebenso wie bei Betätigen der RESET-Funktion) durchgeführt.
- EPROM- und dynamischer RAM-Test laufen darüber hinaus, auch während des normalen Systemprogramms, wenn der Rechner Zeit dazu hat.

Da nicht damit gerechnet werden kann, daß an jedem Gerät stets ein Terminal angeschlossen ist, muß die Anzeige eines eventuell erkannten Fehlers auf andere Weise erfolgen. Bei den MOSAIC-Komponenten dient dazu die „Fehlerlampe“ („FAULT“), eine rote Leuchtdiode auf der Frontplatte der CPU-Platine. Sie leuchtet während des Tests am Beginn des Programmstarts und erlischt bei Beendigung dieser Tests, falls kein Fehler gefunden wurde.

Falls jedoch ein Fehler festgestellt wurde - beim Programmbeginn oder auch im Verlauf der normalen Programmabwicklung -, so wird dies folgendermaßen angezeigt:

- Lampe brennt: kein Programmstart möglich, eventuell CPU defekt;
- Lampe blinkt schnell (0,5-s-Rhythmus): RAM-Fehler;
- Lampe blinkt langsam (3-s-Rhythmus): EPROM-Fehler;
- Lampe blinkt alternierend kurz und lang: UART-Fehler.

5.4. IRTBUG-Programme für die Signaturanalyse

Aufgabe von Programmen für die Signaturanalyse ist es, auf bestimmten Signalleitungen des Rechners ein reproduzierbar gleiches Impulsmuster, die Signatur, zu erzeugen. Das Signaturanalyse-Grundprogramm des IRTBUG wurde für einen möglichst breiten Anwendungsbereich ausgelegt. Dies ist dadurch gelungen, daß durch das Programm alle Adreß- und Datenleitungen sowie absolut alle überhaupt realisierbaren Port-Adressen angesprochen und in charakteristischer Weise „bewegt“ werden. Zumindest werden auf diese Weise außer Adreß- und Datenleitungen auch sämtliche Standard-Ports mit diesem einen Programm der Signaturanalyse zugänglich gemacht, zum Teil sogar Spezial-Ports und sich daran anschließende Peripherie.

Sicher werden für ganz spezielle Hardwarekonfigurationen in Zukunft auch noch andere Programme für die Signaturanalyse erforderlich werden. Aus diesem Grund wird jedes IRTBUG-Signaturanalyseprogramm mit einer charakteristischen Kennzahl versehen. In den IRT-Schaltungsunterlagen werden die Signaturen grundsätzlich unter Angabe dieser Kennzahl dokumentiert (siehe Bild 5). S0/1A03 bedeutet beispielsweise, daß an der so bezeichneten Leitung unter Zuhilfenahme des Programms mit der Kennzahl 0 die Signatur 1A03 gemessen werden kann. S ist der Kommandobuchstabe, mit dem sämtliche IRTBUG-Signaturanalyseprogramme aufgerufen werden; die Kennzahl wird als Parameter eingegeben.

Für den Anschluß des Signaturanalysators werden die folgenden, leicht zugänglichen Signale verwendet:

- für das Torsignal (Start/Stop-Signal, bezeichnet mit TOR) das Signal CKON,
- für das Taktsignal (CK) der Systemtakt Φ .

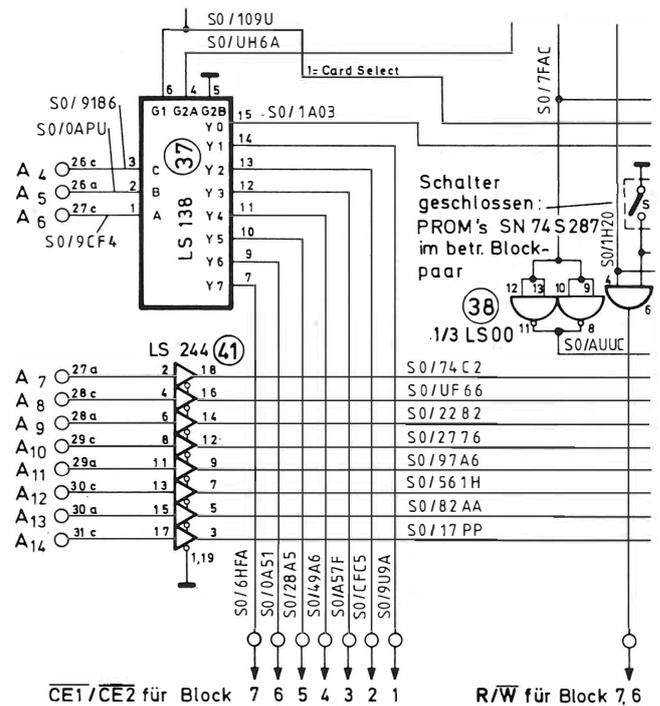


Bild 5

Schaltbild mit eingezeichneten Signaturen

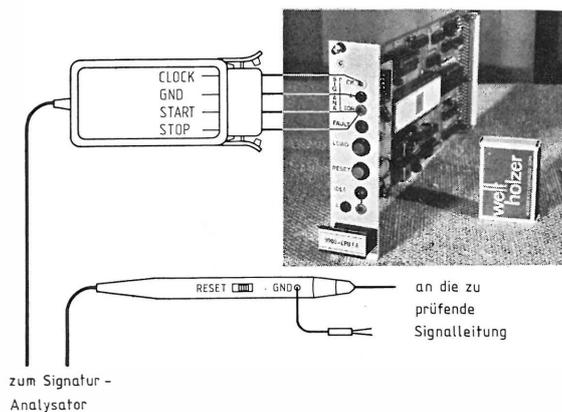


Bild 6
Anschluß des Signaturanalysators

Die Leitungen werden bei den MOSAIC-Komponenten auf Buchsen an der Frontplatte des CPU-Bausteins geführt. Den Anschluß des Signaturanalysators zeigt **Bild 6**.

5.5. Gerätespezifische Stimulus- und Diagnoseprogramme

Je nach Verwendungszweck des Gerätes unterscheiden sich Zahl und Art von gerätespezifischen Stimulus- bzw. Diagnoseprogrammen.

Das MOSAIC-Interface beispielsweise enthält Stimulus- und Diagnoseprogramme zur Prüfung der Maschinensteuerung bzw. -meldung sowie ein Diagnoseprogramm für Zeitcodegenerator/-leser. Das MOSAIC-Bedienpult ist mit zusätzlichen Stimulusprogrammen zur Überprüfung der Anzeigeeinheiten sowie zur schnellen Erstellung einer Schnitlliste für Testzwecke ausgestattet.

Ein spezielles Kommando dient zum Starten dieser Zusatzprogramme. Auf dieses Kommando hin erfolgt eine weitere Spezifizierung der gewünschten Funktionen durch den Bedienenden im unmittelbaren Dialogverkehr mit dem Rechner.

6. Stufen der Verfeinerung bei der Hardwarefehlersuche

Sehr wesentlich für den Erfolg bei der Fehlersuche ist ein systematisches Vorgehen. Die Anleitung hierzu sollte dem betreffenden Gerät in einer dementsprechenden Fehlersuchanleitung mitgeliefert werden. Kennzeichen einer zweckmäßigen Fehlersuchsystematik sind

- die Wahl der richtigen Richtung bei der Fehlersuche: von den Mikrocomputer-Grundeinheiten hin zu den peripheren Bereichen;
- die allmähliche Verfeinerung der Meßmittel im Verlauf des Aufspürens komplizierter Fehler: vom bloßen Auge hin zum Signaturanalysator;
- die dadurch mögliche, folgerichtige Einkreisung des Fehlers: vom Modul hin zum einzelnen Bauteil.

In diesem Abschnitt soll aufgezeigt werden, in welchen Stufen die Fehlersuche unter Verwendung der in diesem Aufsatz vorgestellten Hilfsmittel, insbesondere des IRTBUG-Serviceprogramms, vor sich gehen kann. Die einzelnen Stufen sind in **Bild 7** in Anlehnung an ein Flußdiagramm dargestellt. Gleich-

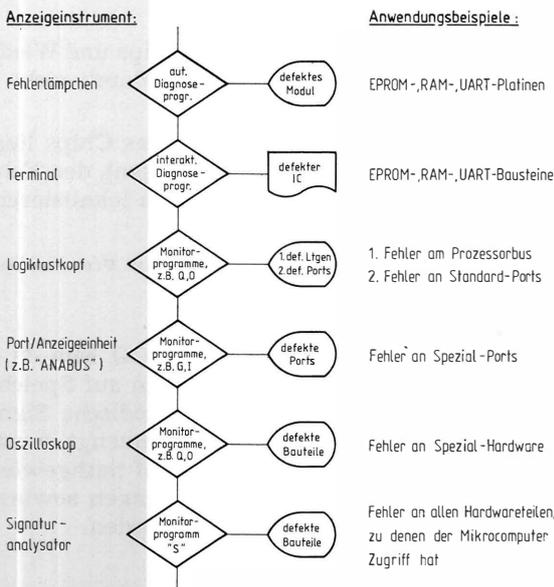


Bild 7

Hardwarefehlersuche mit Hilfe der IRTBUG-Serviceprogramme

zeitig sind die bei den einzelnen Stufen verwendeten Meßmittel, Anzeigeeinstrumente sowie die erfaßten Baugruppen bzw. -teile aufgeführt.

6.1. Die Voraussetzung:

Erfolgreicher Start der Serviceprogramme

Das Serviceprogrammpaket IRTBUG wird gestartet. Mißlingt dies, so betrifft der Fehler die Minimal-konfiguration für den Betrieb des IRTBUG.

Abhilfe:

Modulweises Austauschen von CPU, RAM, EPROM, UART gegen gleichartige Platinen aus anderen Geräten. Für die dadurch als defekt identifizierten Platinen gibt es geeignete Methoden zur Fehlersuche, eventuell wieder unter Zuhilfenahme des nunmehr wieder funktionierenden Mikrocomputersystems.

6.2. Die 1. Stufe:

Automatische Diagnoseprogramme identifizieren fehlerhafte Module

Anzeigeeinstrument: Fehlerlampe

Mit dem erfolgreichen Start des IRTBUG wurden bereits die elementaren Diagnoseprogramme abgearbeitet. Somit kann allein durch Beobachtung der Fehlerlampe ein eventueller Fehler in einem der Grundmodule CPU, RAM, EPROM, UART festgestellt werden (vergleiche Abschnitt 5.3.).

Abhilfe:

Je nach Engagement des Servicetechnikers:

- Umtausch des defekten Moduls beim Gerätehersteller oder
- Versuch, mit den nächsthöheren Hilfsmitteln den Fehler zu lokalisieren.

6.3. Die 2. Stufe:

Interaktive Diagnoseprogramme lokalisieren defekte Chips

Anzeigeeinstrument: Terminal

Mit Hilfe der vom Terminal aufgerufenen Diagnoseprogramme wird bei RAM-, EPROM- und UART-Platinen der auf ein Ansprechen durch den Rechner nicht reagierende Chip identifiziert.

Abhilfe:

1. Auswechseln des identifizierten Chips und Wiederholung des Tests. Falls der Fehler damit nicht behoben ist:
2. Da es dann an der Ansteuerung des Chips liegen muß (Adreß-, Daten-, Steuerleitungen), den Fehler mit den nächsthöheren Hilfsmitteln lokalisieren.

6.4. Die 3. Stufe:

Stimulusprogramme identifizieren Fehler am Prozessorbus und an Standard-Ports

Anzeigeeinstrument: Logikastkopf

Mit Hilfe der Stimulusprogramme Q bzw. O für die Ausgabe von periodischen Signalen auf Speicherplätze bzw. Ports können gezielt periodische Signale auf allen Arten von Standard-Ports erzeugt werden, die mit einem einfachen Logikastkopf nachgewiesen werden können. Leitungsunterbrechungen sowie defekte Ports können damit entdeckt werden.

Abhilfe:

Signalverfolgung auf der fraglichen Leitung bzw. Auswechseln des Port-ICs.

6.5. Die 4. Stufe:

Stimulusprogramme unterstützen die Fehlersuche an Spezial-Ports

Anzeigeeinstrument: Port-/Anzeigeeinheit, z. B. „ANABUS“²

Die Ausführung von Spezial-Ports kann sehr vielfältig und kompliziert sein. Dementsprechend kann sich auch die Hardwarefehlersuche verkomplizieren. Ein näheres Eingehen auf die dabei vorkommenden Probleme würde den Rahmen dieses Aufsatzes sprengen. Allgemein kann gesagt werden, daß Hilfsmittel wie die Port-/Anzeigeeinheit ANABUS (die es erlaubt, den Dateninhalt beliebiger Speicherplätze zu beobachten) in Verbindung mit Stimulusüberwachungsprogrammen wie G bzw. I zur Überwachung von Eingabe-Ports sich hervorragend für die Fehlersuche an Spezial-Ports eignen.

Beispiel:

Spezial-Port im Zeitcodeleser des MOSAIC-Interface. Mit Hilfe des Stimulusüberwachungsprogramms G kann ohne weitere Software der gelesene Zeitcode direkt auf einer ANABUS-Anzeige dargestellt werden, so daß eine Über-alles-Prüfung der Strecke Zeitcodedemodulator – Zeitcodeleser – Mikrocomputer möglich ist.

6.6. Die 5. Stufe:

Stimulusprogramme helfen bei Fehlern an Spezialhardware

Anzeigeeinstrument: Oszilloskop

Problemangepaßt vorgehen wie bei der 3. und 4. Stufe. Das Oszilloskop vermittelt ein genaueres Bild der zu untersuchenden Signale, insbesondere bei hohen Impulsfrequenzen.

6.7. Die letzte Stufe:

Stimulusprogramme für die Signaturanalyse

Anzeigeeinstrument: Signaturanalysator

Die Signaturanalyse stellt die höchste Stufe der Verfeinerung, insbesondere der Stufen 3 und 5 dar. Im Gegensatz zu einfacheren Anzeigeeinstrumenten

wie Logikastkopf und Oszilloskop ist der Signaturanalysator in der Lage, nicht nur das Vorhandensein von (durch das Stimulusprogramm erzeugten) Impulsen nachzuweisen, sondern auch das Impulsmuster eindeutig als das genau richtige zu identifizieren. Der Anwendungsbereich reicht so weit in periphere Schaltungen, wie eben der Rechner in der Lage ist, durch das Stimulusprogramm dorthin noch eine Wirkung auszuüben.

Besonders effektives Arbeiten wird ermöglicht, wenn vom Hersteller bereits die Stimulusroutinen für die Signaturanalyse vorliegen und in den Schaltungunterlagen die Soll-Signaturen eingetragen sind, wie dies in aller Regel zu fordern ist. Damit ist eine Signalverfolgung über weite Strecken möglich, wie sie bisher in der Analogtechnik bekannt und beliebt war.

7. Schlußfolgerung

Geräte mit Mikrocomputern sind in ihrem Innenleben wesentlich komplexer als konventionelle. Das liegt vor allem an dem von außen sehr kompliziert erscheinenden Zusammenwirken von Hardware und Software. Tritt ein Defekt an einem solchen Gerät auf, so versagen meistens die Mittel konventioneller Meßtechnik. Die dadurch zu erwartenden Schwierigkeiten bei der Fehlersuche an solchen Geräten werden jedoch beinahe überkompensiert durch die zum Teil sehr komfortablen Möglichkeiten, die sich bieten, wenn man die „Intelligenz“ des Mikrocomputers selbst für die Fehlersuche mit einsetzt.

Einerseits kann die Fehlersuche durch den Gebrauch von Diagnoseprogrammen in bestimmten Bereichen vollautomatisiert werden, andererseits bieten Stimulusprogramme vielfältige Hilfen bis hin zu den fortschrittlichen Signalverfolgungsmethoden der Signaturanalyse, die vorteilhaft in den mehr peripheren Bereichen des Systems eingesetzt werden.

Das IRT hat versucht, einen ersten Schritt in diese Richtung zu tun, indem es ein Paket von Servicerroutinen, bestehend aus einer großen Zahl von Stimulus- und Diagnoseprogrammen einschließlich der Anwendung der Signaturanalyse, entwickelt hat und dieses Softwarepaket standardmäßig in alle Komponenten des MOSAIC-Systems einbaut. Es wäre wünschenswert, wenn diese Aktivitäten für die Gerätehersteller einen Anstoß darstellen könnten, diese oder ähnliche Hilfsmittel für die Fehlersuche an Geräten mit Mikrocomputern zur Standardausrüstung solcher Geräte werden zu lassen.

SCHRIFTTUM

- [1] Trißl, K.-H.: MOSAIC — ein modernes Fernbediensystem für Fernsehstudioanlagen. Rundfunktech. Mitt. 26 (1982), S. 10 bis 21.
- [2] Trißl, K.-H.: MOSAIC — Das technische Konzept eines modernen Fernbediensystems für Fernsehstudioanlagen. Tech. Ber. Nr. 20 des IRT, München, März 1980.
- [3] Trißl, K.-H.: MOSAIC — Die Bedienkonzeption eines modernen Fernbediensystems für Fernsehstudioanlagen. Tech. Ber. des IRT, München, Juli 1980.
- [4] Osborne, A.: Einführung in die Mikrocomputer-Technik. te-wi Verlag, München 1977, ISBN 3-921803-00-4.
- [5] Buesen, J.: Digital-Signaturanalyse, eine interessante Servicemethode für Digital- und Mikroprozessor-Systeme. Elektronikpraxis 12 (1977), S. 28 bis 33.
- [6] Trißl, K.-H.: Fehlersuche an Geräten mit Mikrocomputern (am Beispiel des MOSAIC-Systems). Tech. Ber. Nr. 34 des IRT, München, August 1981.

² Vom IRT entwickelte Einheit von frei programmierbaren Ports mit Anzeige, in beliebiger Anzahl kombinierbar.

MIKROPROZESSOREN IN DER FERNSEHEMPFÄNGERTECHNIK¹

VON GÜNTER KROLL²

Manuskript eingegangen am 30. November 1981

Fernsehempfängertechnik

Zusammenfassung

Der Aufsatz behandelt den Einsatz von Mikroprozessoren in modernen Farbfernsehgeräten, wobei insbesondere auf die gesteigerte Leistungsfähigkeit moderner Abstimmssysteme bei praktisch nicht gestiegenen Kosten hingewiesen wird.

Es wird beschrieben, daß in zukünftigen FS-Empfänger-Konzepten die Steuerung der Elemente über einen Bus erfolgen muß. Die Problematik der Zusammenschaltung von verschiedenen Geräten der Unterhaltungselektronik wird erwähnt und auch hier der Vorschlag für einen universellen Bus gemacht.

Anhand von Beispielen wird die Notwendigkeit der Standardisierung von Schnittstellen auch in der Heim-elektronik noch einmal zum Ausdruck gebracht.

Summary Microprocessors in television-receiver circuitry

The article deals with the application of microprocessors in modern colour-television receivers, particular mention being made of the improved performance of modern tuning systems, at practically no increase in the cost.

The paper next explains that in future television receiver design, the elements must be controlled by way of a bus. The problems of switching together different pieces of electronic entertainment equipment are discussed, and here too, the use of a universal bus is proposed.

Finally, the need for standardising interfaces, even in domestic electronics, is emphasised by means of examples.

Sommaire Utilisation de microprocesseurs dans les récepteurs de télévision

L'article étudie l'utilisation de microprocesseurs dans les récepteurs de télévision modernes, en envisageant particulièrement l'amélioration des performances des circuits d'accord récents obtenue pratiquement sans augmentation de prix.

On indique ensuite que les différents éléments des récepteurs de télévision de l'avenir devront être commandés au moyen d'un bus. La question de l'interconnexion de différents appareils électroniques de loisir est examinée ensuite et, dans ce cas aussi, on propose d'utiliser un bus universel.

Enfin, on met en lumière au moyen d'exemples la nécessité de normaliser les interfaces, même pour l'électronique grand public.

1. Einleitung

Die Entwicklung der Farbfernsehgeräte war im vergangenen Jahrzehnt gekennzeichnet durch einen steilen Anstieg der Produktion und dazu parallel laufend durch Innovationen, die das Farbfernsehgerät für den Konsumenten immer wieder attraktiv machten (Bild 1).

Die Einführung neuer Bildröhren brachte eine wesentliche Steigerung der Helligkeit und eine Verringerung der Abmessungen. Der Übergang vom Röhren- zum voll mit Halbleitern bestückten Chassis ergab eine wesentliche Verbesserung der Betriebszuverlässigkeit und gleichzeitig eine Senkung des Verbrauches.

Durch die steigende Produktion und den Übergang auf Halbleiter konnten die Gestehungspreise für die Farbfernsehgeräte gehalten oder zum Teil sogar gesenkt werden. Dabei wurde der Bedienungs-komfort der Farbfernsehgeräte laufend verbessert, und elektronische Stationswahl von 16 bis zu 90 Programmen sowie Infrarot-Fernbedienung der Stationswahl und der linearen Funktionen gehören heute zur Standardausrüstung eines 66-cm-Farbfernsehgerätes.

Die Produktion der Farbfernsehgeräte in der Bundesrepublik Deutschland hält sich in den letzten Jahren auf einem konstant hohen Niveau von etwas über 3,5 Mio. Stück (siehe Bild 2). Da sich Preissenkungen nicht mehr durch Steigerung der Produktion erzielen lassen, müssen neue Wege gefunden werden, um die Herstellungskosten zu senken. Der Konsument akzeptiert neue Dienste oder Innovationen nur, wenn das Preis/Leistungsverhältnis eine bestimmte Grenze nicht überschreitet (Fitness for use).

Ein Weg, um die Bedienung der Farbfernsehgeräte zu erleichtern oder den Bedienungskomfort mit

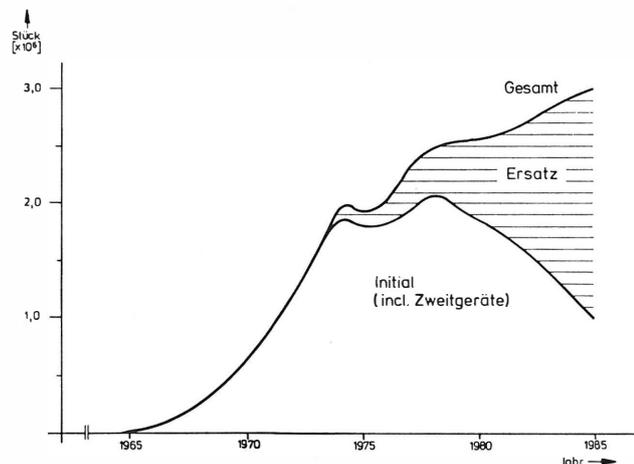


Bild 1

Farbfernsehgeräteabsatz in der Bundesrepublik Deutschland

¹ Nach dem Manuskript eines Vortrages, gehalten auf der 9. Jahrestagung der Fernseh- und Kinotechnischen Gesellschaft (FKTG) in Ulm, 21. bis 24. September 1981.

² Dipl.-Ing. Günter Kroll ist Leiter der Hauptabteilung Konstruktion und Entwicklung bei der Philips GmbH Apparatefabrik, Krefeld.

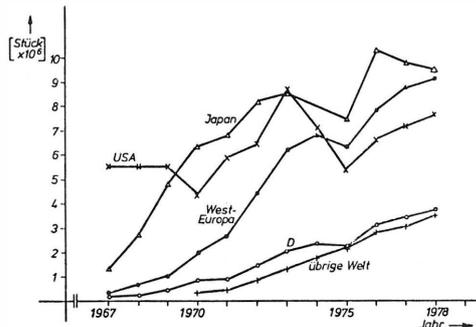


Bild 2
Anzahl der produzierten Farbfernsehgeräte

einer Fernbedienung zu erhöhen, bzw. um mehr Programmwahlmöglichkeiten vorzusehen, war der Einsatz von Mikroprozessoren in den Bediensystemen der Farbfernsehgeräte. Einen wesentlichen Beitrag zur Kostenreduzierung brachte auch die Entwicklung der Preise für Mikroprozessoren und damit gleichlaufend der Preise für elektronische Speicher (**Bild 3**).

2. Mikroprozessorgesteuertes Abstimmssystem

Das einfachste Abstimmssystem für ein Fernsehgerät besteht aus einem Potentiometer für die Abstimmspannung und einem Schalter für die 3 möglichen Bereiche I, III und IV/V (**Bild 4**). Will man 12 Programme speichern, dann sind 12 Potentiometer und 12 Schalter erforderlich. Die Schalter für Abstimmspannung und für Bereichswahl können elektronische Bausteine sein; dies ermöglicht dann auch eine Fernbedienung der Stationswahl über Ultraschall oder Infrarot.

Im mikroprozessorgesteuerten Abstimmssystem wird die Abstimmspannung aus den digital gespeicherten Werten über einen Digital-Analog-Wandler erzeugt. Die Analogfunktionen sind gleichfalls digital abgespeichert und werden über entsprechende

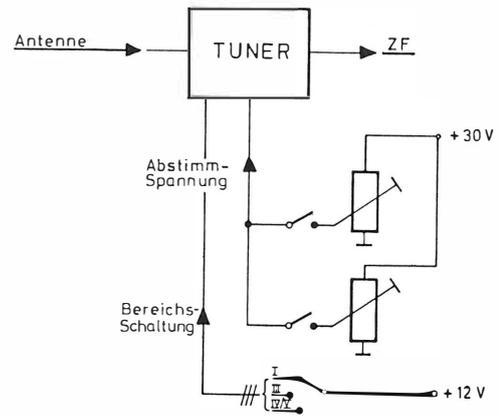


Bild 4
Einfaches Abstimmssystem für Fernsehgeräte

Wandler den linearen ICs zugeführt. Eine Übersicht der Abstimmssysteme, die in den Philips-Farbfernsehgeräten in den letzten Jahren verwendet wurden, gibt **Tabelle 1**. Die Preisentwicklung der Mikroprozessorabstimmssysteme zeigt **Bild 5**.

Trotz steigender Programmspeichermöglichkeit sinkt der Preis der Abstimmssysteme. Zum Vergleich ist eine 12fach-Programmwahl-schaltung mit Potentiometerabstimmung gestrichelt eingezeichnet. Das erstaunliche ist, daß trotz steigender Kosten heute aufgrund der Mikroprozessorsteuerung und der Ausnutzung der preisgünstigen Speicher ein System möglich ist, welches 6 lineare Funktionen übernimmt, stereotauglich ist und 90 Programme abspeichern kann.

Sicher wird es Fragen geben, warum 90 speicherbare Programme vorgesehen werden. Nun, die Erklärung ist einfach: Der Speicher hatte genügend Raum und die Programmänderung im Mikroprozessor war nicht allzu aufwendig. Bewohner des süddeutschen Raumes wissen eine solche Möglichkeit zu

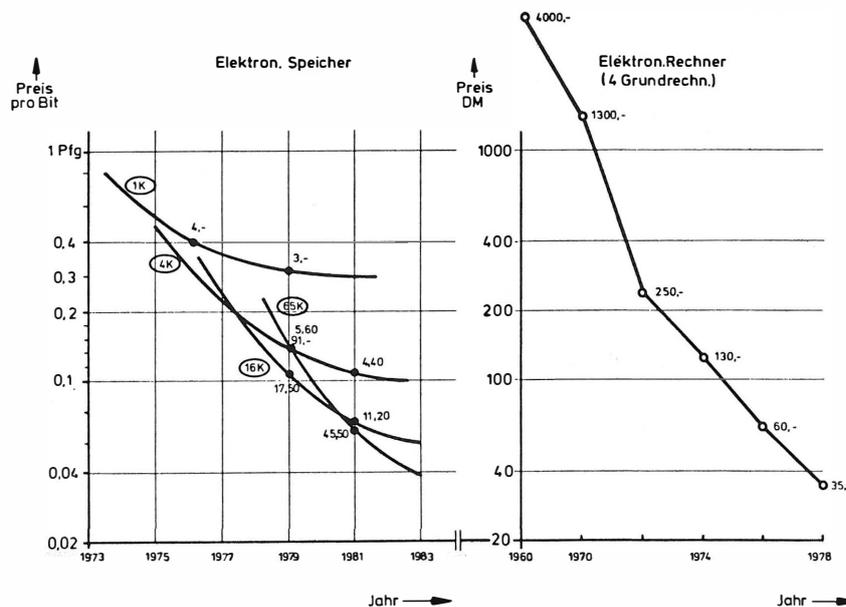


Bild 3
Preisentwicklung bei elektronischen Speichern und Rechnern

	Telco	Song	TRD 2	TRD 3	TRD 4
Programme, speicherbar	12	24	16	29	90
Speicher	Potentiometer	2 x 8114	SAB 2015	ER 1400	ER 1400
Batterie	-	3,6 V	3,6 V	-	-
Analogfunktion	(L) (H) (S)	(L) (H) (S)	(L) (H) (S) (B) (Tr)	(L) (H) (S) (B) (T) (Bal)	(L) (H) (S) (B) (T) (Bal)
Speicherbar	3 x 64 Bit	3 x 64 Bit	5 x 64 Bit	6 x 64 Bit	6 x 64 Bit
Anzeige	mit Potentiometer mechanisch	mit Potentiometer Balken im Bild	mit Potentiometer Programm und Kanalwahl im Bild	digital Programm und Kanalwahl 4 x 7 Segment	digital Programm oder Kanalwahl 2 x 7 Segment
Infrarot-Fernbedienung	RC4	RC4	RC4	RC 4/5	RC (4)/5
μP	-	Customised 8112	TMS 1000	8049	8049
Bauelemente	83	296	280	167	160
ICs	4	7	11	12	5
Transistoren	6	37	45	23	33
Dioden	8	39	20	18	16
Widerstände	47	147	156	78	88
Kondensatoren	20	66	48	36	34

Tabelle 1
Abstimmssysteme für Philips-Farbf Fernsehgeräte

schätzen. Sie können zum Beispiel die deutschen Programme 1, 2, 3 und eventuell noch 2 andere Werbeprogramme dazu in der ersten 10er-Dekade ablegen, die Schweizer Programme in der zweiten 10er-Dekade, die österreichischen Programme in der dritten 10er-Dekade, und wenn später Kabelfernsehen dazukommt, können sie hier bestimmte Kanäle wieder in 10er-Gruppen ablegen oder speichern, so daß sie eine relativ gute und übersichtliche Ordnung haben. Wir werden sicherlich in absehbarer Zeit keine 90 Programme zur Verfügung haben, aber die Möglichkeit dieser dezimalen Ordnung der Programme

gibt doch eine Bedienungserleichterung für den Benutzer.

3. Einführung eines Bussystems

Wie sieht nun die technische Weiterentwicklung dieser Mikroprozessorsteuersysteme aus? Zum Mikroprozessor gehört eine große Anzahl peripherer Bauelemente, und eine noch größere Anzahl von Steckverbindungen ist auf den Platinen vorhanden. In **Bild 6** ist das sogenannte TRD-4-System zu sehen, welches in diesem Jahr angelaufen ist. Wir haben

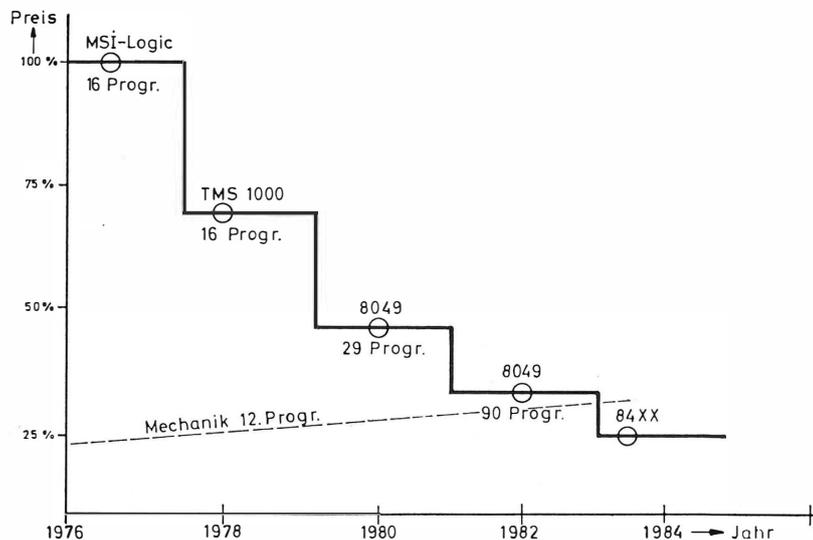


Bild 5
Preisentwicklung bei Mikroprozessorabstimmssystemen

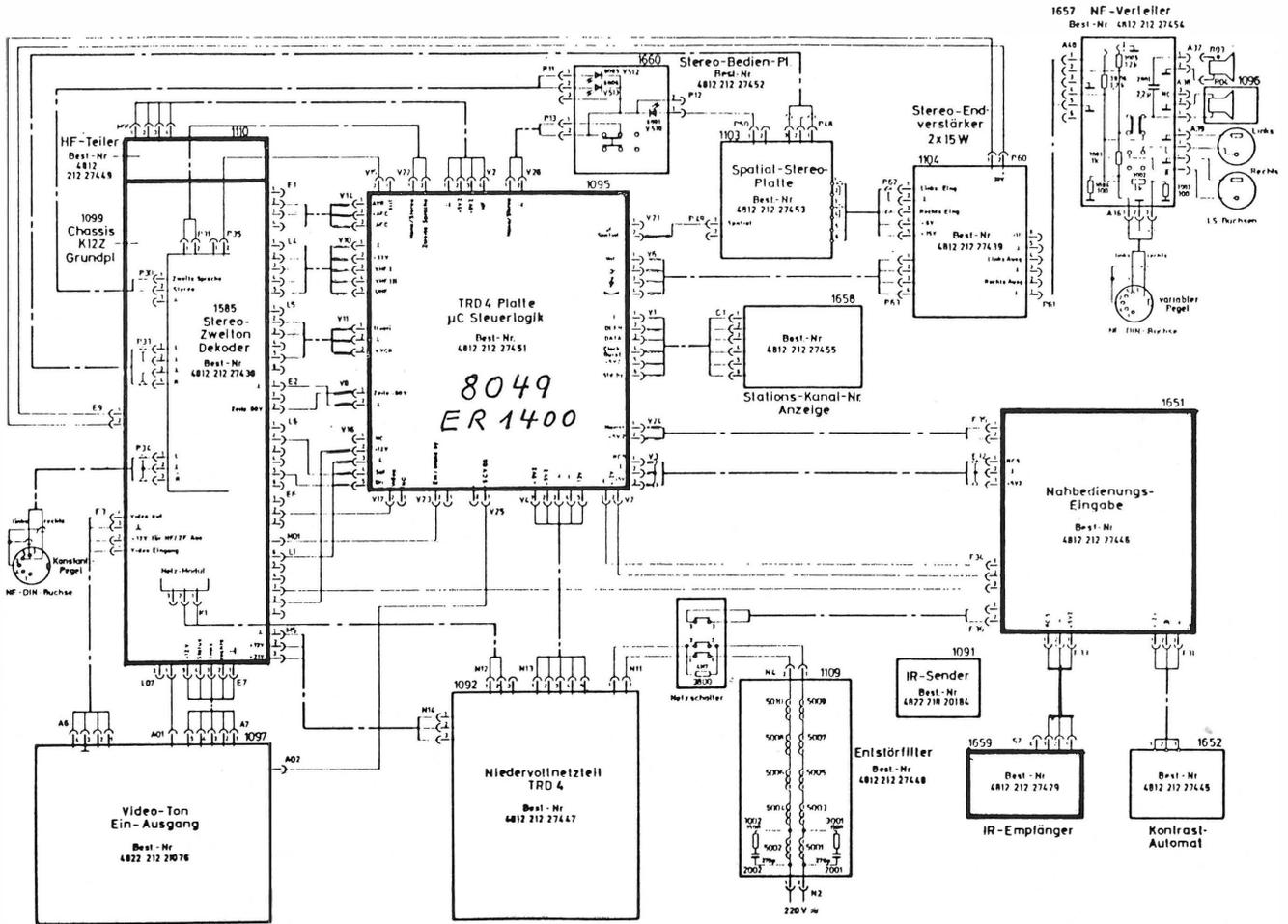


Bild 6
Verdrahtungsplan des Philips-TRD-4-Abstimmensystems

allein auf der Mikroprozessorplatine 29 Anschlüsse, die für die diversen Funktionen notwendig sind: Spannungsversorgung, Übertragung der Analogfunktion, Übertragung der Steuerinformation zum Tuner, Verbindung zum Chassis usw. Das Schaltbild ist fast ein abschreckendes Beispiel dafür, wie viele Drahtverbindungen heute noch in einem Fernsehempfänger notwendig sind, um die einzelnen Bausteine funktionsgerecht zusammenschalten. Steckverbindungen ermöglichen zwar ein leichtes Zusammenschalten, sind aber auch eine Quelle von Fehlern und senken die Betriebszuverlässigkeit. Für die nahe Zukunft wird es also ein Ziel sein, die Zahl der Steckverbindungen drastisch zu reduzieren. Ein Weg ist die Einführung eines Bussystems im Farbfernsehchassis.

Es hat in den vergangenen Jahren schon die verschiedensten Ansätze zur Einführung von Bussystemen zwischen digitalen Bauelementen gegeben: I-Bus, Mi-Bus, D-Bus, U-Bus, CCW-Bus und andere mehr. Eines war diesen Bussystemen gemeinsam: Sie hatten nur eine begrenzte Möglichkeit der Anwendung und waren als Verbindungen zwischen einzelnen Halbleiterbauelementen vorgesehen.

Wenn aber die Vielzahl der Drähte und Verbindungen, die Steuerfunktionen übertragen, in der Zukunft vermindert werden soll, dann müssen wir uns

auf ein Bussystem einigen, mit dem es möglich ist, Bausteine anzusteuern, die an den verschiedenen Stellen im Chassis angeordnet sind. Vorzugsweise soll diese Bussteuerung seriell sein, damit die Zahl der Leitungen klein gehalten wird. **Bild 7** zeigt den Aufbau eines Bediensystems mit dem sogenannten I²C-Bus, der von Valvo vorgestellt wurde, um als Standardbus für die Verbindung von digitalen Bausteinen innerhalb eines Gerätechassis zu dienen. Für den Bus sind eine Daten- und eine Taktleitung erforderlich, und für spezielle Bauelemente zusätzlich

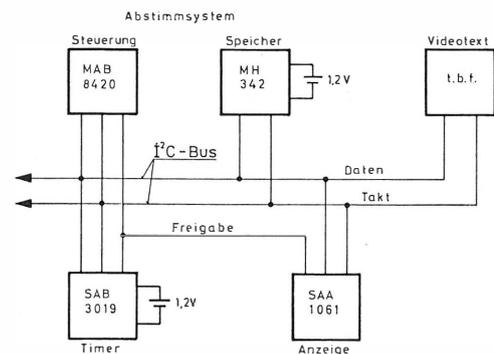


Bild 7
Blockschaltung eines Bediensystems bei Fernsehgeräten

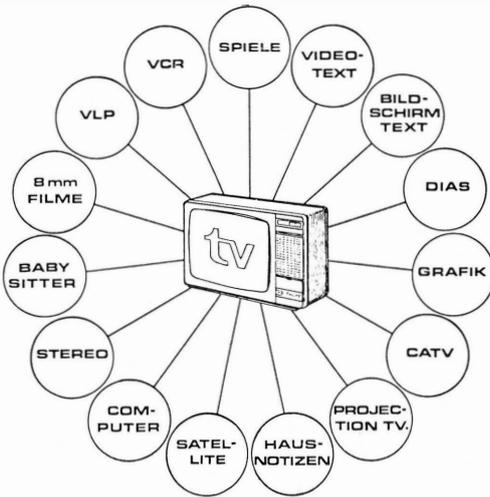


Bild 8

Zukünftige Verwendungsmöglichkeiten für den Farbfernsehempfänger

eine Freigabeleitung, um die Steuerung der Prioritäten einfacher zu gestalten.

4. Standardisierung der Schnittstellen

Nun bestehen nicht nur innerhalb eines Farbfernsehgerätes viele Verbindungen, sondern in der Zukunft sollen die unterschiedlichsten Geräte an das Fernsehgerät angeschlossen werden. **Bild 8** zeigt den Farbfernsehempfänger als „Nabe des Rades“, oder viel schöner in Englisch „Hub of the wheel“. Diese

massierte Anwendung mit Zusatzgeräten wird sicher nicht im Wohnzimmer stattfinden, sondern den ganzen Haushalt umfassen. In **Bild 9** ist ein moderner Videohaushalt mit möglichen Geräteanwendungen für die nahe Zukunft zu sehen.

Wichtig ist hierbei, daß bereits mit einer solchen „Mindest“-Ausstattung des Haushaltes Schaltgeräte notwendig werden, die es ermöglichen, die verschiedenen peripheren Geräte anzuschließen oder zu verbinden. Auch hier müssen wir für die Zukunft zu einer Normung der Schnittstellen zwischen den Geräteteilen kommen. Neben den Analogsignalen für Audio und Video müssen dann auch Steuersignale übertragen werden können. Vorbereitungen zu einer solchen Standardisierung laufen im Cenelec-Komitee TC 103; dort wird versucht, eine europäische Standardisierung der Anschlußbuchse zwischen Fernseh- und peripheren Geräten zu erreichen. Ein Teil dieser Bemühungen ist die Einführung eines gemeinsamen Bussystems – also einer gemeinsamen Sprache – zwischen Fernsehempfänger und Peripherie.

Dadurch kommen wir auch in der Heimelektronik zu einer Art Standard-Studioteknik. Es gibt den französischen Vorschlag „SIDAV“, ein programmierbarer mikroprozessorgesteuerter Kreuzschienenverteiler (**Bild 10**). Die Zusammenschaltung der Audio- und Videosignale erfolgt über elektronische Schalter, die vom Mikroprozessor gesteuert werden. Die gemeinsame Sprache ist der D²B-Bus (Domestic digital bus). Mit einem solchen Systemschalter mit verteilter Intelligenz lassen sich fast beliebige Schaltungen von Gerätekombinationen erreichen.

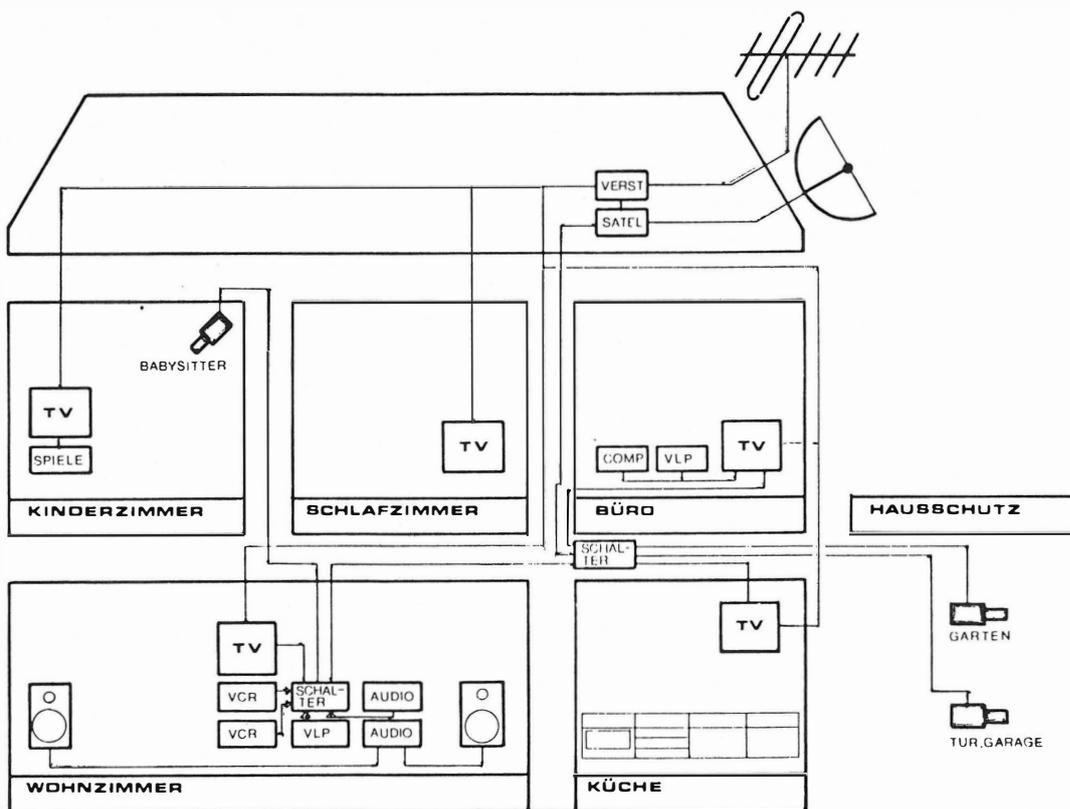
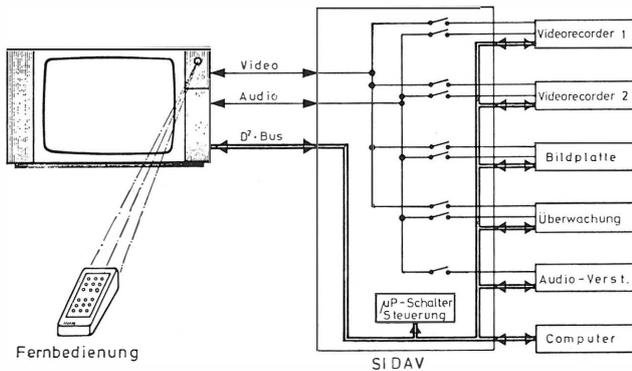


Bild 9

Moderner Videohaushalt

**Bild 10**

Programmierbarer Systemschalter für Audio- und Videoanlagen

Auch von der Seite der Unterhaltungselektronik ist also eine Standardisierung der Schnittstellen notwendig. Es ist eine der wichtigsten Aufgaben der Zukunft, dieses Problem zu lösen.

5. Digitalisierung der Signalverarbeitung

Eine weitere einschneidende Änderung in der Gerätetechnik der Farbfernsehgeräte wird die Digitalisierung der gesamten Signalverarbeitung nach sich ziehen. Valvo schlägt vor, die digitalisierte Signalverarbeitung des FBAS-Signals mit Hilfe von monolithisch integrierten Analog-Digital- und Digital-Analog-Wandlern sowie mit programmierbaren digitalen Filtern vorzunehmen, deren Charakteristik über einen Mikroprozessor gesteuert werden kann. Der Laufzeitausgleich erfolgt über ein Schieberegister, dessen Verzögerung gleichfalls direkt bei der Herstellung des Bausteins oder des Gerätes programmiert werden kann.

Liegt das analoge Farbfernsehsignal erst einmal in digitaler Form vor, kann es natürlich auch mit Prozessschritten bearbeitet werden, die bisher in der analogen Verarbeitung nicht möglich waren. Man denke hier nur an eine Rauschverbesserung des Signals durch Aufbereiten des digitalen FBAS-Signals oder an das Vermeiden des Großflächenflimmerns von Bildern, indem man das digitale Signal über einen Zwischenspeicher leitet und mit doppelter Geschwindigkeit wieder ausliest.

Alle diese Bearbeitungsfunktionen oder Zusatzfunktionen müssen natürlich gesteuert werden, und diese Steuerung erfolgt durch einen oder mehrere Mikroprozessoren, die über einen gemeinsamen Bus (z. B. I²C-Bus) verbunden sind. Die Digitalisierung des Farbfernsehgerätes wird in wenigen Jahren zu einer Revolution in der Gerätetechnik führen: Zum einen durch die möglichen Kostenreduktionen, die mit Hilfe der VLSI-Bausteine möglich werden, und zum anderen durch die Änderung der Entwicklungsarbeit in den Gerätelaboratorien, die sich jetzt noch mehr als bisher auf die Programmierung von digitalen Systemen einstellen müssen.

Entscheidend ist hierbei auch, daß sich die Entwicklung der Gerätebausteine immer mehr zum Bauelementehersteller verlagert. Nur noch große und leistungsfähige Bauelementehersteller sind in der Lage, die Entwicklungsprogramme für diese VLSI-Schaltungen durchzuführen. In der Produktion wird ein digitales Farbfernsehgerät wesentlich weniger Arbeitsaufwand erfordern. Abgleich und Justierung erfolgen durch Automatenprogramme, die im Zentralprozessor des Farbfernsehchassis abgespeichert werden. Diese Art einer kapitalintensiven Fertigung wird es ermöglichen, daß in Europa auch weiterhin Farbfernsehgeräte gefertigt werden.

DIE 71. TAGUNG DER AUDIO ENGINEERING SOCIETY

MONTREUX, 2. BIS 5. MÄRZ 1982

Als Tagungsort war diesmal Montreux (Schweiz) gewählt worden, das ja auch das alle zwei Jahre stattfindende Fernsichtsymposium ausrichtet und von daher über einschlägige Erfahrungen verfügt. Die Ausstellung wurde von weit über 100 Firmen beschickt; Neuheitentermin konnte Montreux allerdings nicht sein, dafür war der Abstand zur Tonmeisterstagung (November 1981 in München) zu kurz.

Insgesamt wurden 46 Vorträge gehalten; außerdem tagten zwei Arbeitsgruppen der AES (Abtastfrequenzen/Vorsitz: E. Torik und Digitale Schnittstelle/Vorsitz: A. Heaslett) sowie das Technische Komitee „Digital Audio“ unter dem Vorsitz von B. Locanthi. 40% der Vorträge waren der Digitaltechnik gewidmet, und im folgenden soll deshalb versucht werden, den Trends dieser rasch expandierenden Technik nachzuspüren. Dabei wird folgende Unterteilung gewählt:

1. Einsatz digitaler Technik zur Automation
2. Erzeugung und Bearbeitung digitaler Audiosignale
3. Speicherung digitaler Audiosignale.

Unter 1. sind natürlich alle Meßgeräte einzuordnen, bei denen bestimmte Meßprogramme mit Hilfe von Mikroprozessoren automatisiert werden. Diese Geräte werden fast ausschließlich über Eingabetastaturen (bzw. IEC-Bus) bedient, was selten zu größerer Bedienfreundlichkeit beiträgt.

Ein weiteres großes Anwendungsgebiet für die Automation stellen die Mischpulte dar. Im Laufe der Jahre stieg nicht nur die Anzahl der Kanäle, sondern durch neue Mischpultkonfigurationen wurden auch die Einsatzmöglichkeiten erweitert. Erkauft wurde diese „Universalität“ jedoch mit dem Anwachsen von Bedienungselementen. Dies führt zu Schwierigkeiten bei rein manueller Bedienung, und hier setzen die Konzepte zur Automation an. Man kann halbautomatische Lösungen (d. h. die Einstellungen der Pegelsteller werden gespeichert und bei Bedarf angezeigt – die Pegelsteller müssen dann von Hand nachgestellt werden) und vollautomatische Lösungen (bei denen die ursprünglichen Werte ohne manuelle Bedienung reproduziert werden) unterscheiden. Hierzu gibt es eine große Zahl von Vorschlägen; es ist aber abzusehen, daß einfachere, übersichtliche Systeme die zu stark rechnerorientierten Lösungen verdrängen werden.

Der SMPTE-(80-Bit-)Zeitcode wird mittlerweile überall da eingesetzt, wo Audio- und Videogeräte zur Tonnachbearbeitung miteinander verkoppelt werden müssen, er dient aber auch ganz allgemein als Zeitbasis für Steuerungsvorgänge. Obwohl die Standardisierung für Magnetband 6 noch nicht abgeschlossen ist, zeichnet es sich ab, daß der Versatz zwischen Aufsprecht- und Zeitcodekopf mit elektronischen Mitteln ausgeglichen wird (Nullversatz).

Erzeugung und Bearbeitung digitaler Audiosignale

Die Messung digitaler Systeme setzt Signalquellen sehr hoher Qualität voraus. In analoger Technik gibt es Sinusgeneratoren, die den Anforderungen gerecht werden. Die Erzeugung rein digitaler Signale läßt sich mit einem Prozeßrechner durchführen. Da diese Anlagen aber nicht überall verfügbar sind, ist der Wunsch nach einem digitalen Signalgenerator für den Audiobereich verständlich. Über die Anforderungen und die Realisierung eines derartigen Generators berichteten H. Pichler und F. Pavuza.

Das in Zusammenarbeit mit der BBC entwickelte digitale Mischpult von Neve war leider nicht ausgestellt. In einem Vortrag wurde die Konzeption vorgestellt, ohne jedoch näher auf die Frage einzugehen, welchen Qualitätsvorsprung ein derartiges Mischpult gegenüber einem analogen hat.

Der Abtastfrequenz-Wandler von Studer, über den bereits im letzten Jahr berichtet wurde, ist mittlerweile als Gerät verfügbar; erste Versuche (unter anderem auch im IRT) zeigten die Funktionsfähigkeit.

Speicherung digitaler Audiosignale

Auf dem professionellen Sektor verliert die bisher eingesetzte Kombination Audioprozessor + Videorecorder an Bedeutung, nachdem eine Reihe von Festkopf-Laufwerken zur Verfügung steht. So waren bei AEG-Telefunken die beiden Laufwerke MX 80 (2 Kanäle) und MX 800 (32 Kanäle) zu sehen. Sony stellte das Laufwerk PCM 3324 (24 Kanäle) aus und Studer zeigte den Prototyp eines 8-Kanal-Laufwerks.

Im Konsumbereich setzt man vorerst noch auf kleine, transportable Audioprozessoren in Verbindung mit Videorecordern (IVC, Sony), daneben wird an der Realisierung digitaler Kassettelaufwerke gearbeitet. Verwendet wird die übliche Kompaktkassette. Besonderes Interesse fand ein Prototyp von IVC. Die Aufzeichnung erfolgt in 8 Spuren auf Metallband; die Auflösung beträgt 14 Bit, allerdings wird eine 14/12-Bit-Kompression verwendet. Bei einer Bandgeschwindigkeit von 7,1 cm/s und einer Abtastfrequenz von 33,6 kHz werden 60 Minuten Spieldauer erreicht. Es ist vorstellbar, daß bei einem Wechsel der Abtastfrequenz auf 32 kHz eines Tages ein Aufnahmegerät für den Satellitenrundfunk zur Verfügung steht.

Sony stellte in einem Vortrag ein anderes Konzept für ein digitales Kassettengerät vor: Aufzeichnung in 37 Spuren mit Dünnschichtköpfen, Auflösung 16 Bit, Abtastfrequenz 44,1 kHz. Die Spurbreite von 75 µm bedingt eine sehr sorgfältig ausgelegte Bandführung.

Nachdem sich die AES-Ausstellung mehr am professionellen Markt orientiert, nimmt es trotz des näher rückenden Starttermins nicht Wunder, daß nur einige wenige Modelle von Compact-Disc-Plattenspielern zu sehen waren. Zur Zeit werden integrierte Großschaltkreise zur Signalaufbereitung entwickelt, um den Schaltungsaufbau zu vereinfachen (Sony).

Arbeitsgruppe „Digitale Schnittstelle für professionelle Audiogeräte“

(Chairman A. Heaslett)

Von den ursprünglich eingereichten drei Vorschlägen (UER, Sony/Studer, Mitsubishi) wurden die beiden ersten, die ohnehin in den meisten Punkten übereinstimmten, zu einem neuen Vorschlag zusammengefaßt, dessen wichtigste Kenngrößen wie folgt lauten:

1. serielle Übertragung, wahlweise 1 bis 4 Kanäle
2. Übertragungscode Biphasen Mark
3. Synchronisation über Codeverletzung
4. 192 Abtastwerte/Block
5. Audioabtastwerte 20 bis 24 Bit, LSB zuerst.

Außerdem wurden diskutiert: die maximale Länge der Verbindungsleitung, der Leitungstyp (Kabel, Glasfa-

ser), Stecker (konzentrisch, mehrpolig), synchroner/asynchroner Betrieb. Als maximale Leitungslänge wurden 200 m vorgeschlagen.

Sitzung des Technischen Komitees „Digital Audio“ (Chairman B. Locanthi)

Die sehr breit angelegte Diskussion über Abtastfrequenzen bestätigte, daß in Zukunft mit drei Abtastfrequenzen zu rechnen ist:

32 kHz Satelliten-Hörrundfunk, Übertragung (Post)
44,1 kHz Compact-Disc, Audioprozessoren
48 kHz professionelle Audiogeräte.

Der Versuch, die Anwender von 44,1 kHz (also vorwiegend die Digitalschallplattenhersteller) zur Änderung auf 48 kHz zu veranlassen, schlug fehl, obwohl für 44,1 kHz kaum technische Argumente ins Feld geführt werden konnten.

Klaus Altmann
Institut für Rundfunktechnik, München

DIE 34. JAHRESTAGUNG DER TECHNISCHEN KOMMISSION DER UER

DUBLIN, 19. BIS 23. APRIL 1982

1. Einleitung

Die 34. Jahrestagung der Technischen Kommission der UER fand in der Zeit vom 19. bis 23. April 1982 auf Einladung der irischen Rundfunkorganisation RTE (Radio Telefis Eireann) in Dublin statt. Am gleichen Ort hatte sich am 17. April 1982 der Vorstand (das „Bureau“) der Technischen Kommission getroffen, um die Jahrestagung vorzubereiten.

Hauptdiskussionspunkte waren auf der diesjährigen Tagung Fragen, die im Zusammenhang mit der geplanten Einführung des Satellitenrundfunks in Europa standen. Dabei ging es sowohl um Probleme der digitalen Tonübertragung als auch um Überlegungen zu einer verbesserten Übertragung des Fernsehbildes. Auch das Thema „Hochauflösendes Fernsehen“ (HDTV) fand reges Interesse.

Die Tagung wurde wiederum vom langjährigen Vorsitzenden der Technischen Kommission, dem Italiener C. Terzani (RAI) geleitet. Es nahmen etwa 120 Personen teil, neben Mitarbeitern von Vollmitgliedern der UER auch solche von assoziierten Mitgliedern aus dem Iran, aus Japan, Kanada und den USA. Auch andere Rundfunkunionen wie ABU, ASBU, NANBA, OIRT und OTI hatten Delegierte entsandt. Die internationalen Organisationen CEPT, CISPR, ESA, IFRB und Interim Eutelsat waren ebenfalls vertreten.

Die ARD hatte die Herren G. Lahann, F. Müller-Römer und R. Thiele entsandt, das ZDF die Herren K. Schneider und M. Zarius. Als gemeinsame Vertreter von ARD und ZDF nahmen die Herren H. Eden, H. Fix, U. Messerschmid und P. Wolf (IRT) an der Tagung teil. Die Deutsche Bundespost war durch die Herren H. Krath (BPM) und O. Seidelmann (FTZ) vertreten.

2. Organisation der Technischen Kommission

Im Laufe der letzten Jahre hat sich gezeigt, daß die Arbeitsgruppe V (Neue Systeme und Dienste) der Technischen Kommission nicht optimal strukturiert ist, wenn es gilt, auf die Weiterentwicklung der Rundfunktechnik möglichst rasch und flexibel zu reagieren. Aus diesem Grund hat der Vorstand der Technischen Kommission eine Neuorganisation der Arbeitsgruppe V vorgeschlagen, die folgendes Aussehen und folgende Vorsitzende hat:

Arbeitsgruppe V: Neue Systeme und Dienste

Vorsitz: P. Rainger, BBC
Stellv. Vorsitz: U. Messerschmid, ARD/ZDF

Untergruppe V1: Bildsignale

(bisher digitale Codierung von Bild und Ton)

Vorsitz: Y. Guinet, TDF/CCETT
Stellv. Vorsitz: A. H. Jones, BBC

Untergruppe V2: Datenübertragung im Rundfunk (wie bisher)

Vorsitz: M. Cominetti, RAI
Stellv. Vorsitz: L. Sundin, PTT-Schweden

Untergruppe V3: Tonsignale

(Vereinigung der bisherigen Untergruppe V3 mit der Spezialistengruppe V1/AUD)

Vorsitz: G. Billia, RAI
Stellv. Vorsitz: H. Jakubowski, ARD/ZDF

Untergruppe V4: Ausstrahlung und Empfang von codierten Signalen (Bild, Ton, Daten) in Multiplextechnik in einem Rundfunkkanal (bisherige Spezialistengruppe V3/MUX mit erweitertem Aufgabebereich)

Vorsitz: A. Keller, TDF
Stellv. Vorsitz: M. Windram, UKIBA

Darüber hinaus wird die Untergruppe V1 mehrere **Spezialistengruppen** bilden, die sich mit Themen wie digitale Codierung von Videosignalen, Verbesserung der existierenden 625-Zeilen-Fernsehsysteme und hochauflösendes Fernsehen (HDTV) befassen sollen (siehe dazu auch 3.4.1. und 3.4.2.). Die neue Organisationsform der Arbeitsgruppe V ist am 1. Juni 1982 in Kraft getreten.

Bereits im vergangenen Jahr war vorgeschlagen worden, die bisherige Arbeitsgruppe „Leiter der technischen Ausbildungszentren“ („Heads of Technical Training Centres“) in eine fünfte **Arbeitsgruppe F** (F von formation (franz.) = Ausbildung) der Technischen Kommission überzuführen (siehe [1]). Dies wurde nunmehr beschlossen. Die neue Struktur der Technischen Kommission der UER ab 1. Juni 1982 (ohne Spezialisten- und Ad-hoc-Gruppen) ist in **Bild 1** zu sehen.

Am 1. Januar 1982 sind die neuen Statuten der UER in Kraft getreten. Das hat zur Folge, daß die Geschäftsordnung, das Wahlverfahren und die Richtlinien für die Arbeitsgruppen der Technischen Kommission diesen neuen Statuten angepaßt werden müssen.

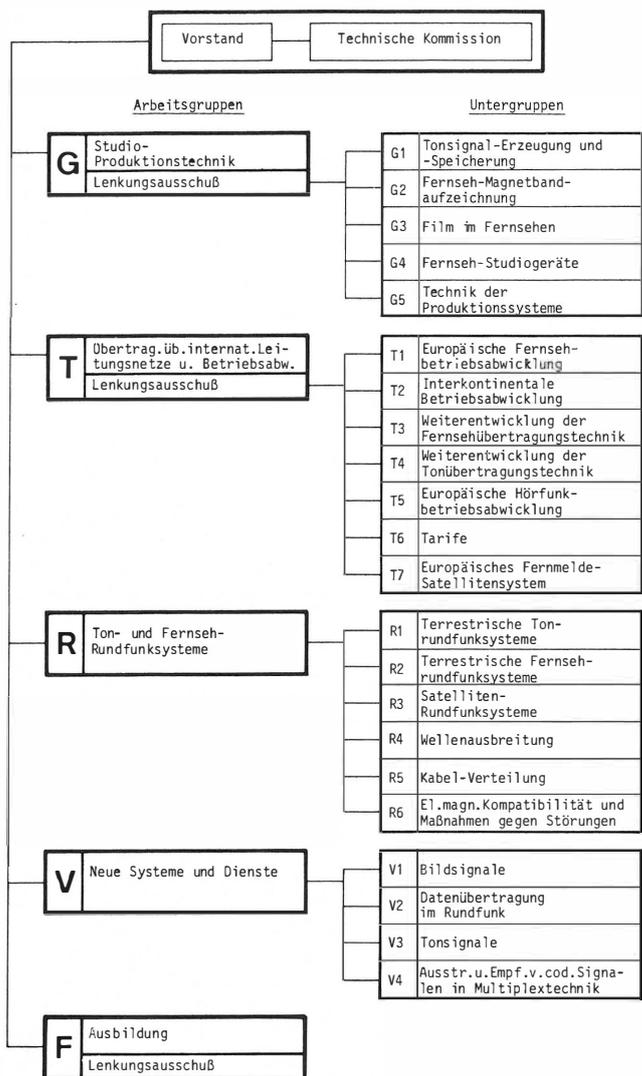


Bild 1

Die Struktur der Technischen Kommission der UER ab 1. Juni 1982

3. Wichtige Arbeitsergebnisse

Bereits in den letzten Jahren hat sich gezeigt, daß das Arbeitsgebiet der Technischen Kommission der UER so umfangreich geworden ist, daß im Rahmen eines kurzgefaßten Berichtes nur die wichtigsten Aktivitäten erwähnt werden können.

3.1. Studioproduktionstechnik (Arbeitsgruppe G)

Die Arbeitsgruppe G befaßt sich mit sämtlichen Aspekten der Hörfunk- und Fernsehproduktionstechnik. Neben der Verbesserung der gegenwärtigen Betriebs- und Meßtechnik bei Ton und Bild treten immer mehr Fragen der zukünftigen Digitaltechnik in den Vordergrund.

3.1.1. Digitaltechnik beim Ton

Zwar ist die Frage der Abtastfrequenz für die digitalen Tonsignale im Studiobereich immer noch offen, es zeichnet sich aber eine Tendenz in Richtung 48 kHz ab, obwohl man damit rechnen muß, daß die zukünftige digitale Schallplatte mit einer Abtastfrequenz von 44,1 kHz arbeiten wird. Damit kommt der Frage einer Transcodierung von Tonsignalen unterschiedlicher Abtastfrequenzen besondere Bedeutung zu.

Die Abtastfrequenz ist aber nur einer von zahlreichen Parametern, die festgelegt werden müssen, um eine einheitliche Norm für digitale Tonsignale zu schaffen. Als Stichworte für weitere Parameter seien hier genannt: Anzahl der Bits pro Abtastwert, Struktur der Datenworte, Übertragungscode, Fehlerschutz. Gemeinsam mit der Arbeitsgruppe V ist eine Ad-hoc-Gruppe geschaffen worden, die bereits erste Vorschläge für ein sogenanntes „Digitales Audio-Interface“ für den Studiobereich ausgearbeitet und der AES (Audio Engineering Society) zur Diskussion vorgelegt hat.

3.1.2. Digitaltechnik beim Fernsehen

Vor ähnlichen Aufgaben stehen auch die Untergruppen, die sich mit der **Digitalisierung des Fernsehsignals** zu befassen haben. Auch hier hat die Arbeitsgruppe G zusammen mit der Arbeitsgruppe V eine weitere Ad-hoc-Gruppe ins Leben gerufen, deren Aufgabe es sein soll, ein „Digitales Video-Interface“ zu definieren. Dabei geht es insbesondere um eine genaue Festlegung, in welcher Form die digitalen Videosignale bei einem sogenannten „seriellen“ und bei einem „parallelen“ Interface übertragen werden sollen.

In den beiden Ad-hoc-Gruppen (Digitales Audio- bzw. Video-Interface) ist je ein Mitarbeiter des IRT vertreten, so daß gewährleistet ist, daß die Belange der deutschen Rundfunkanstalten in jedem Fall berücksichtigt werden.

Die Voraussetzung für eine erfolgreiche Tätigkeit der Ad-hoc-Gruppe „Digitales Video-Interface“ ist dadurch gegeben, daß sich die Technische Kommission der UER im vergangenen Jahr auf einen einheitlichen Digitalstandard für Videosignale im Fernsehstudio einigen konnte [1]. In der Zwischenzeit ist dieser Standard in Form einer CCIR-Empfehlung weltweit anerkannt. [2]. Wesentliches Kennzeichen dieser Norm ist, daß die drei videofrequenzen Komponenten (Y, U, V) eines Farbfernsehsignals getrennt abgetastet und digital codiert werden (sogenannte Komponentencodierung, engl. „component coding“).

Digitale Videomagnetbandaufzeichnung

Die Vorteile der Digitaltechnik sind besonders dann evident, wenn es darum geht, Fernsehsignale zu speichern. Die Technische Kommission hat bereits im Jahre 1980 die Spezialistengruppe MAGNUM (franz. „MAGnéto-scope NUMérique“) geschaffen, deren Aufgabe es ist, in Zusammenarbeit mit der amerikanischen SMPTE und der gerätebauenden Industrie eine möglichst weltweite Aufzeichnungsnorm für digitale MAZ-Maschinen vorzuschlagen. Diese Aufzeichnungsnorm sollte entsprechend der CCIR-Empfehlung auf der Komponentencodierung der Videosignale basieren.

In der Zwischenzeit ist besonders bei der amerikanischen Industrie die Tendenz zu erkennen, digitale MAZ-Maschinen zu entwickeln, bei denen das NTSC-Farbfernsehsignal digitalisiert (sogenannte geschlossene Codierung, engl. „composite coding“) und anschließend aufgezeichnet wird. Der Grund hierfür liegt wohl hauptsächlich in wirtschaftlichen Erwägungen. Kalkulationen haben nämlich ergeben, daß eine digitale MAZ-Maschine, die mit Komponentencodierung arbeitet, beim heutigen Stand der Technologie deutlich teurer würde als herkömmliche analog arbeitende Aufzeichnungsgeräte.

Die Tendenz zum „composite coding“ bei der Videomagnetbandaufzeichnung hätte aber im Gegensatz zum „component coding“ zur Folge, daß auch in zukünftigen digitalen Fernsehstudios die drei unterschiedlichen Farbfernsehsysteme PAL, NTSC oder SECAM weiter existieren würden. Aber gerade dies wollte man durch das Prinzip des „component coding“ vermeiden und einen weltweit anwendbaren Studiostandard schaffen.

Aus diesem Grund gab die Technische Kommission der UER eine Pressemitteilung und eine Technische Verlautbarung (Statement) heraus, die die Ansicht der UER deutlich machen, daß nur ein auf der Komponentencodierung basierendes digitales Videomagnetbandaufzeichnungsgerät sämtliche technischen und betrieblichen Erfordernisse des Rundfunks erfüllen kann.

3.2. Übertragungstechnik und Betriebsabwicklung (Arbeitsgruppe T)

Hauptthema bei der Aussprache über die Aktivitäten der Arbeitsgruppe T war die Nutzung des zukünftigen **Europäischen Kommunikationssatelliten ECS** für die Eurovision. Vorgesehene Starttermine für den ECS sind Juni 1982 und Mai 1983. Trägerrakete wird die europäische „Ariane“ sein. Der ECS wird von der internationalen Organisation Interim Eutelsat – einer CEPT-Tochter – betrieben werden, die gegenwärtig unter anderem auch für den Betrieb des Versuchssatelliten OTS verantwortlich ist.

Nachdem der Verwaltungsrat der UER Anfang Dezember 1981 entschieden hat, einen Vertrag mit Interim Eutelsat über die permanente Nutzung von zwei ECS-Transpondern für Eurovisionsübertragungen abzuschließen, sind die Planungen in ein entscheidendes Stadium getreten. Zwar wird der Vertrag wahrscheinlich erst 1984 in Kraft treten, wenn mindestens fünf ECS-Bodenstationen in Betrieb sind, dennoch drängt die Zeit. An Aufgaben und Problemen, die in Zusammenarbeit mit den Fernmeldeverwaltungen noch bewältigt werden müssen, seien genannt:

- Ausrüstung der Bodenstationen mit den erforderlichen Übertragungseinrichtungen,
- Fernschaltung von Übertragungseinrichtungen bei den Bodenstationen,
- Einsatz von transportablen Erdefunkstellen durch die Rundfunkanstalten,
- Verschlüsselung der über ECS übertragenen Signale.

Da mit einer weiteren Zunahme der Eurovisionsübertragungen gerechnet wird, ist vorgesehen, die Planungen derartiger Übertragungen in Zukunft mit Hilfe eines Computers vorzunehmen. Es soll zunächst eine Studie über die Möglichkeiten eines Computereinsatzes für solche Planungen angefertigt werden.

Auch bei der Arbeitsgruppe T wird es einige **organisatorische Änderungen** geben. Um ein effektiveres Arbeiten der Untergruppe T1 (Europäische Fernseh-Betriebsabwicklung) zu ermöglichen, soll ihre Mitgliederzahl (bisher 34) deutlich reduziert werden. Dies wird dadurch geschehen, daß die sogenannten Kontakt Ingenieure aus der Untergruppe T1 ausgegliedert werden und sich zu getrennten Sitzungen treffen. Außerdem soll die neue T1 sich nunmehr auch mit den Problemen der interkontinentalen Satellitenübertragung befassen, eine Aufgabe, die bisher in den Tätigkeitsbereich der Untergruppe T2 (Interkontinentale Betriebsabwicklung) fiel. Aufgabe der Untergruppe T2 wird es jetzt sein, die „Operations Groups“ der UER bei ihren Arbeiten zu unterstützen. Diese „Operations Groups“ werden von der UER gebildet, wenn anlässlich bedeutender internationaler Ereignisse (Politik, Sport usw.) umfangreiche Eurovisionsaktivitäten stattfinden. Aufgrund der Verschiebungen der Tätigkeitsbereiche der Untergruppen T1 und T2 sollten allerdings auch die Namen der Gruppen ihren neuen Aufgaben angepaßt werden.

An dieser Stelle sei auch erwähnt, daß vorgesehen ist, der Untergruppe T3 (Weiterentwicklung der Fernsehübertragungstechnik) die Aufgaben der bisherigen Spezialistengruppe V1/TRANS (Internationaler Ton- und Fernsehprogrammaustausch auf terrestrischem Wege oder über Satelliten), die aufgelöst wird, mit zu übertragen.

Die neue Untergruppe T3 muß sich damit in Zukunft in enger Zusammenarbeit mit der Untergruppe V1 (Bildsignale) auch den Problemen der digitalen Fernsehübertragungstechnik widmen.

3.3. Ton- und Fernsehrundfunksysteme (Arbeitsgruppe R)

Der Schwerpunkt der Tätigkeit der Arbeitsgruppe R lag auch im vergangenen Berichtsjahr zweifellos bei der **Vorbereitung der internationalen Planungskonferenzen** für den UKW- und Kurzwellenbereich. Die Termine für diese UIT-Konferenzen, die jeweils in zwei Teilen abgehalten werden, lauten:

- UKW-Planungskonferenz für die Region 1 und verschiedene Länder der Region 3 (Afghanistan, Iran)
 1. Teil: 23. August bis 17. September 1982
 2. Teil: ab 31. Oktober 1984 (Dauer: 6 Wochen)
- KW-Planungskonferenz
 1. Teil: ab Januar 1984 (Dauer: 5 Wochen)
 2. Teil: ab Januar 1986 (Dauer: 7 Wochen)

Während beim 1. Teil der Planungskonferenzen die Planungsverfahren festgelegt werden, findet beim 2. Teil die eigentliche Planung statt. Hauptaufgabe der mit der Vorbereitung der Planungskonferenzen betrauten Spezialistengruppen (R/HF, R1/HF, R1/FM) der Technischen Kommission der UER ist es, sich auf bestimmte Planungsverfahren und -prinzipien zu einigen. Dies muß in enger Zusammenarbeit mit den Postverwaltungen auf nationaler und internationaler Ebene (CEPT) geschehen.

So hat die Spezialistengruppe R1/FM (Frequenzplanung im UKW-Bereich II) ein umfangreiches Dokument mit dem Titel „VHF/FM-Planungsparameter und -methoden“ erarbeitet, das als Doc. Tech. 3236 von der Technischen Zentrale der UER in Brüssel herausgegeben werden soll. In ähnlicher Weise gibt der Entwurf für ein Dokument SPB 203 die technischen Grundlagen für die Planung des Kurzwellenrundfunks an. Dieses Dokument ist bei der Spezialistengruppe R1/HF (Technische Kriterien für die Kurzwellenplanung) entstanden.

Bei der Aussprache über die Frequenzplanung im UKW-Bereich wurde die Frage aufgeworfen, in welcher Weise lokale **UKW-Sender kleiner Leistung** (< 1 kW) bei der Planung berücksichtigt werden könnten. Es ist nämlich damit zu rechnen, daß diese Senderart in einigen Ländern zunehmend an Bedeutung gewinnen wird. Das Thema wurde recht kontrovers diskutiert. Eine von der Frequenzplanung aus gesehen optimale Lösung ist gegenwärtig noch schwer erkennbar. Dies liegt vor allem daran, daß das Problem zur Zeit noch gar nicht quantifizierbar ist. Die UER-Mitgliedsorganisationen wurden daher aufgefordert, ihre Pläne in dieser Hinsicht möglichst umgehend kundzutun.

Zum Thema **Übertragung von Zusatzinformationen im Hörfunk**, das von der gleichnamigen Spezialistengruppe R1/DAT bearbeitet wird, ist zu berichten, daß von den Experten ein System favorisiert wird, das mit einem Unterträger bei 57 kHz arbeitet und eine Datenrate von etwa 1200 bit/s ermöglicht. Das System, das für die Übertragung von Senderkennungen, Verkehrsinformationen und Radiotext gedacht ist, wird in jedem Fall ARI-kompatibel sein. Gegenwärtig finden Laboruntersuchungen bei der schwedischen Fernmeldeverwaltung statt. Für Anfang Oktober sind Feldversuche in der Schweiz geplant. Man hofft, Anfang 1983 ein System definieren zu können.

Seit einiger Zeit ist die Fernsehprogrammkommission der UER dabei, **Versuchssendungen für ein „Europäisches Fernsehprogramm“** über den Testsatelliten OTS vorzubereiten. Die Experimente sollen insgesamt 5 Wochen dauern und jeweils Ende Mai, Juli, September, Oktober und November 1982 stattfinden. Bisher haben 13 UER-Mitglieder (davon 5 als aktive Koordinatoren je einer

Testwoche) zugesagt, sich an diesen Programmversuchen zu beteiligen. Die ARD wird in der Woche vom 22. bis 28. November 1982 als aktiver Koordinator fungieren und ein Europaprogramm zusammenstellen. Es ist geplant, in dieser Zeit das Programm von Baden-Baden (SWF) aus über eine mobile Erdefunkstelle zum OTS zu übertragen. Die Beteiligung des ZDF an diesen OTS-Experimenten ist gegenwärtig noch ungewiß.

Die Spezialistengruppe R3/TEST (Technische Versuche mit Rundfunksatelliten) der Technischen Kommission der UER wird die Fernsehprogrammkommission bei der Bewältigung der technischen Probleme dieses Programmversuchs unterstützen. Unter anderem bereitet es noch gewisse apparative Schwierigkeiten, mehrere Begleittonsignale (maximal 6) zusammen mit dem PAL-Fernsehbild zu übertragen.

3.4. Neue Systeme und Dienste (Arbeitsgruppe V)

Im Mittelpunkt der Beratungen über die Aktivitäten der Arbeitsgruppe V, denen die Technische Kommission ungewöhnlich viel Zeit widmete, standen Fragen im Zusammenhang mit der geplanten Einführung des Satellitenrundfunks. Aber auch das Thema „Hochauflösende Fernsehsysteme“ (HDTV) wurde ausführlich diskutiert.

3.4.1. Rundfunkdienste über Satelliten

Für die kommenden Jahre planen zahlreiche europäische Länder die Einführung von Rundfunkdiensten über die neuen direktstrahlenden Satelliten im 12-GHz-Bereich. Mit Ausnahme der Bundesrepublik Deutschland, die in einem der fünf jedem Land zugewiesenen Satellitenkanäle 16 Stereohörfunkprogramme senden will, ist dabei nur an die Ausstrahlung von Fernsehprogrammen zusammen mit mehreren (bis zu acht) Tonkanälen gedacht.

Für die Technik ergab sich die Frage, in welcher Weise die Bild- und Tonsignale über den Satelliten zu den Heimempfängern übertragen werden sollen.

Tonsignalübertragung

Seit geraumer Zeit besteht auf europäischer Ebene Einigkeit darüber, daß die Tonsignale in digitaler Form ausgestrahlt werden sollen. Dieses Übertragungsverfahren ermöglicht eine wesentlich bessere Tonqualität (hoher Störabstand, minimale nichtlineare Verzerrungen) als die bisherigen analogen Verfahren.

Gegenwärtig stehen bei der UER – bisher zuständig Spezialistengruppe V3/MUX, nunmehr Untergruppe V4 – drei sehr unterschiedliche Tonübertragungssysteme (A, B, C) zur Diskussion. System A arbeitet mit einem digitalen Unterträger bei etwa 7 MHz und ermöglicht je nach Codierungsverfahren die Übertragung von 4 bis 6 Tonsignalen hoher Qualität. Verfahren B nutzt die Zeilenaustattung des Fernsehsignals zur digitalen Tonsignalübertragung (videofrequenter Zeitmultiplex) und bietet Platz für 3 bis 4 hochwertige Tonkanäle. System C schließlich ist ebenfalls ein Zeitmultiplexverfahren, wobei das Videosignal und die Tonsignale in der ZF- oder der RF-Ebene zeitlich miteinander verkämmt werden. Die Übertragungskapazität dieses Systems beträgt 7 bis 10 Tonkanäle hoher Qualität. Während man die Verfahren A und B gleichzeitig anwenden könnte, ist das Verfahren C weder mit A noch mit B kombinierbar.

Die Technische Kommission ARD/ZDF hat sich bereits im vergangenen Jahr für das Verfahren A (digitaler Unterträger) ausgesprochen mit der Option, zusätzlich einen analogen FM-Unterträger bei 5,5 MHz vorzusehen, wie es der terrestrischen Fernsehbegleittonübertragung (Mono) entspricht. Die Vertreter des deutschen Rundfunks haben nun in Dublin bekanntgegeben, daß auf den analogen Unterträger verzichtet wird. Diese Entscheidung ermöglicht eine optimale Nutzung des Spektrums

und war ursprünglich erst nach einer Übergangszeit vorgesehen.

Wie zu erwarten war, konnte sich die Technische Kommission der UER noch nicht auf ein einheitliches digitales Tonübertragungsverfahren für den Satellitenrundfunk einigen. Sämtliche drei Verfahren sind weiterhin in der Diskussion und sollen weiter untersucht werden. Man ist sich bewußt, daß die Zeit sehr drängt, denn Frankreich will bereits 1985 nach dem Start des Satelliten TDF-1 mit einem regelmäßigen Rundfunkdienst über Satelliten beginnen. Die nächste Jahrestagung der Technischen Kommission im Frühjahr 1983 ist der allerletzte Termin für einen einheitlichen europäischen Systemvorschlag. Während der Sitzung in Dublin bekam man jedoch den Eindruck, daß in einigen Ländern (Frankreich, Nordstaaten) bereits jetzt die Weichen gestellt sind und eine europäische Einigung sehr schwer werden dürfte.

Fernsehsignalübertragung

Auch die Übertragung der Fernsehsignale über die zukünftigen Rundfunksatelliten war Gegenstand kontrovers geführter Diskussionen. Während man bisher davon ausgegangen war, daß die Farbfernsehsignale in der herkömmlichen PAL- oder SECAM-Norm über den Satelliten ausgestrahlt werden, ist in den letzten Monaten insbesondere von englischer Seite (IBA) angeregt worden, über Alternativen nachzudenken. Zum einen weisen die Farbverfahren PAL und SECAM gewisse Defekte (z. B. Cross Colour¹, Rauschen in großen Farbflächen) auf, zum anderen bietet der Satellitenübertragungskanal mit seinen besonderen Eigenschaften (Transponderbandbreite 27 MHz, Frequenzmodulation) im Vergleich zur terrestrischen Übertragung (Kanalbandbreite 7 MHz bzw. 8 MHz, AM-Restseitenbandverfahren für das Bild) durchaus neue Möglichkeiten.

Dazu kommt, daß ein von einem Rundfunksatelliten ausgestrahltes Signal von den heute üblichen Heimempfängern nicht ohne weiteres zu empfangen ist. Man benötigt ein Zusatzgerät zur Demodulation des FM-Signals und zur Decodierung der digitalen Tonsignale. Ein solches Zusatzgerät könnte dann auch die Aufbereitung des nach einem neuen oder verbesserten Verfahren ausgestrahlten Farbfernsehsignals vornehmen.

Derzeit sind neben den Vorschlägen von B. Wendland, Universität Dortmund, bei der UER zwei weitere Verfahren im Gespräch, die beide ebenfalls auf der 625-Zeilen-Fernsehnorm basieren. Das eine, von der britischen IBA propagierte System stellt eine völlige Abkehr von PAL und SECAM dar und sieht vor, die Farbfernsehsignalkomponenten (Y, U, V) in Zeitmultiplextechnik in analoger, zeitkomprimierter Form zu übertragen (MAC-System, **M**ultiplex **A**nalog **C**omponent). Das andere, von der BBC vorgeschlagene Verfahren stellt eine Erweiterung des PAL-Systems dar (Extended PAL) und vermeidet insbesondere dessen „Cross Colour“-Effekte.

Man muß sich zunächst die Frage stellen, ob die erwähnten PAL- und SECAM-Defekte in der Praxis wirklich so gravierend sind, daß ihre Beseitigung neue und im Falle des MAC-Systems sogar nichtkompatible Übertragungsverfahren rechtfertigt. Sollte man sich stattdessen nicht besser auf die Entwicklung von hochauflösenden Fernsehsystemen (HDTV) mit deutlich höherer Zeilenzahl konzentrieren, die im Vergleich zu den herkömmlichen Verfahren eine wesentlich bessere Bildqualität ermöglichen? Während zum Beispiel die Berichte diese Fragen für durchaus überlegenswert halten, war

¹ Cross Colour – Übersprechen von Leuchtdichtekomponenten in den Farbkanal; erzeugt farbiges Flimmern an feinen horizontalen Bildstrukturen.

die Mehrheit der Technischen Kommission der Meinung, daß neue oder verbesserte 625-Zeilen-Farbfernsehssysteme sehr kurzfristig untersucht werden müssen, um möglichst bald zu einer internationalen Einigung zu gelangen. Zu diesem Zweck wurde eine Spezialistengruppe der Untergruppe V1 gebildet, deren Vorsitz B. Sewter (UKIBA) übernehmen wird.

Optimisten glauben, daß diese neuartigen Übertragungsverfahren bereits bei den Rundfunksatelliten der ersten Generation eingesetzt werden könnten. Realistischer erscheint aber eher die Annahme, daß – wenn überhaupt – erst die Satelliten der zweiten Generation (ab etwa 1990) mit diesen Verfahren arbeiten werden.

3.4.2. Hochauflösende Fernsehsysteme (HDTV)

Bereits im vergangenen Jahr hatte die Technische Kommission der UER eine Ad-hoc-Arbeitsgruppe gegründet, die sich unter Leitung von Ch. Sandbank (BBC) dem Thema Fernsehsysteme hoher Auflösung – also hoher Zeilenzahl – widmen soll. Im Zuge der Neuorganisation der Arbeitsgruppe V wurde diese Gruppe in eine Spezialistengruppe der Untergruppe V1 mit der Bezeichnung V1/HDTV umgewandelt.

Besonders intensiv sind die Aktivitäten auf dem Gebiet HDTV (High Definition Television) in Japan (NHK) und in den USA (CBS). In den Forschungslabors der NHK wurde in langjährigen Arbeiten ein hochzeitliches Farbfernsehsystem entwickelt, das mit 1125 Zeilen und 60 Halbbildern pro Sekunde bei einem Seitenverhältnis von 5 : 3 arbeitet, wobei die Bandbreite des PAL-ähnlichen Signals über 25 MHz beträgt. Die mit diesem System erreichbare Bildqualität ist vergleichbar mit der eines 24 x 36-mm-Dias und besser als die eines 35-mm-Films. Das System ist Anfang dieses Jahres in Zusammenarbeit mit der amerikanischen CBS in den USA mehrfach demonstriert worden und soll Ende Juni 1982 der Generalversammlung der UER in Killarney/Irland gezeigt werden.

Wenn auch das NHK-System bereits so weit entwickelt ist, daß die Bilder insbesondere bei der großflächigen Wiedergabe über Projektionsgeräte sehr überzeugend wirken, so sind trotzdem noch zahlreiche Probleme zu lösen. Am wichtigsten erscheinen die internationale Normung und die Frage der Kompatibilität mit existierenden Fernsehsystemen. Als Übertragungsmedien scheinen nur der Rundfunksatellit und die Glasfaser in Frage zu kommen. Auch technologische Schwierigkeiten wie etwa das Rauschen der Bildaufnahmeröhren und insbesondere die Entwicklung großflächiger Wiedergabeeinrichtungen – eine nahezu unerläßliche Voraussetzung für eine erfolgreiche Einführung von HDTV – sind noch zu überwinden.

Alles in allem kann gesagt werden, daß hochauflösende Fernsehsysteme sicher erst in den nächsten 10 bis 20 Jahren zur Rundfunkpraxis gehören werden. Der Rundfunk muß jedoch schon heute bei der Entwicklung von HDTV-Systemen aktiv mitwirken und insbesondere wachsam sein, daß nicht zum Beispiel im Bereich des Kinofilms, der aus wirtschaftlichen Erwägungen in Zukunft auch auf elektronischem Wege produziert werden könnte, sehr bald HDTV-Normen entstehen, die vom Rundfunk nicht akzeptiert werden können.

3.4.3. Videotext

Die Untergruppe V2 (Datenübertragung im Rundfunk) war von der Technischen Kommission der UER ursprünglich mit der Aufgabe betraut worden, die beiden unterschiedlichen Videotextsysteme Teletext („fixed format“-System, in Großbritannien entwickelt) und Antiope („variable format“-System, in Frankreich entwickelt) in ein einheitliches System überzuführen. Inzwischen hat man erkannt, daß diese Aufgabe wahrscheinlich unlösbar

ist und „variable format“- und „fixed format“-Systeme nebeneinander bestehen werden. Deshalb konzentriert man sich auf die Untersuchung gemeinsamer Merkmale beider Systeme wie zum Beispiel die Vereinheitlichung und Erweiterung der Zeichendarstellung. So ist eine zweite, wesentlich erweiterte Ausgabe des Technischen Dokuments (Doc. Tech.) 3232 der UER mit dem Titel „Displayable Character Sets for Broadcast Teletext“ entstanden.

Außerdem hat man sich bemüht, die Haupteigenschaften der beiden Systeme in je einem Technischen Dokument zu beschreiben. Diese beiden Dokumente, die die Bezeichnung Doc. Tech. 3240 („fixed format“-System) bzw. Doc. Tech. 3241 („variable format“-System) tragen werden, sollen als Anhang einer Technischen Verlautbarung (Statement) der UER beigefügt werden. Darin gibt die UER ihrer Hoffnung Ausdruck, daß die Veröffentlichungen Doc. Tech. 3240 und 3241 zur Entwicklung einer neuen Generation von Videotextdecodern beitragen werden.

Die weiteren Studien an den beiden unterschiedlichen Systemen sollen in zwei getrennten Ad-hoc-Arbeitsgruppen fortgeführt werden. Eine dritte Ad-hoc-Gruppe hat die Aufgabe erhalten, die Übertragung von nicht-graphischen Daten (z. B. Zusatzinformationen für Fernsehheimegeräte) zu untersuchen, um vielleicht wenigstens auf diesem Gebiet zu einem einheitlichen System zu gelangen.

3.5. Ausbildung (Arbeitsgruppe F)

Die neue Arbeitsgruppe F, die aus der Arbeitsgruppe „Leiter der technischen Ausbildungszentren“ entstanden ist (siehe auch [1]), hat im Februar dieses Jahres offiziell ihre Tätigkeit aufgenommen. Sie besteht aus einem Lenkungsausschuß und der eigentlichen Arbeitsgruppe. Der Vorsitzende der Gruppe ist A. Folan vom irischen Rundfunk RTE, sein Stellvertreter H. Springer, ARD/ZDF. 19 UER-Mitgliedsorganisationen aus 18 Ländern sind vertreten.

Bereits vor einiger Zeit ist in der Arbeitsgruppe unter Federführung von H. Springer der Entwurf für eine Richtlinie (Code of Practice) mit dem Titel „The Design of Handbooks for Broadcasting Equipment“ entstanden. Diese Richtlinie enthält Empfehlungen, wie benutzergerechte Betriebs- und Wartungsunterlagen von technischen Geräten für den Bereich des Rundfunks zweckmäßigerweise gestaltet werden sollten. Nachdem die Richtlinie im vergangenen Jahr allen UER-Mitgliedsorganisationen zur Stellungnahme vorgelegt worden war, wird sie mit geringfügigen Modifizierungen von der Technischen Zentrale der UER nunmehr als Doc. Tech. 3239 veröffentlicht werden. Gleichzeitig erscheint eine UER-Empfehlung, in der den Herstellern nahegelegt wird, Betriebs- und Wartungsunterlagen nach den Richtlinien der UER zu gestalten. Die UER-Richtlinie Doc. Tech. 3239 soll auch der nächsten Interunionskonferenz vorgelegt werden, die in der Zeit vom 7. bis 12. März 1983 auf Einladung der ASBU in Algier tagen wird.

Als weitere Aktivitäten der Arbeitsgruppe F seien genannt:

- Austausch von Informationen über die Ausbildungsstätten der einzelnen Rundfunkorganisationen,
- Studien über die Folgen von neuen Technologien und neuen Rundfunkdiensten,
- Austausch von Lehrkräften und Unterrichtsmaterial innerhalb der UER,
- Studien zum computerunterstützten Lernen,
- Unterstützung von Entwicklungsländern durch Ausbildungsexperten von UER-Mitgliedsorganisationen.

4. Neuwahl des Vorstandes

Nach den Statuten der UER beträgt die Amtsperiode des Vorstandes (des „Bureau“) der Technischen Kommission der UER zwei Jahre. Die derzeitige Amtsperiode läuft Ende 1982 aus. Daher wurde in Dublin der Vorstand neu gewählt, wobei das Amt eines stellvertretenden Vorsitzenden neu zu besetzen war, da H. Fix (ARD/ZDF) Ende dieses Jahres aus dem aktiven Berufsleben ausscheiden wird (siehe auch Seite 147 in diesem Heft). Wählbar und stimmberechtigt waren die aktiven UER-Mitgliedsorganisationen. Das sind gegenwärtig 40 Rundfunkorganisationen in 31 Ländern. Nach den neuen UER-Statuten besaß jedes Land 24 Stimmen.

Aufgrund des Wahlergebnisses wird sich der nunmehr 10 Mitglieder umfassende Vorstand der Technischen Kommission der UER in der am 1. Januar 1983 beginnenden Amtsperiode 1983/84 wie folgt zusammensetzen:

Vorsitzender:

C. Terzani, RAI, Italien

Stellvertreter des Vorsitzenden:

E. Gavilan, RTVE, Spanien

N. Wassiczek, ORF, Österreich

Mitglieder:

J. F. Arnaud, TDF, Frankreich

A. A. Casmas, ERT, Griechenland

U. Messerschmid, ARD/ZDF, Bundesrepublik
Deutschland

T. J. Murphy, RTE, Irland

P. Rainger, BBC, Großbritannien

A. Rohdin, SR, Schweden

M. J. E. Tanane, RTM, Marokko

5. Nächste Jahrestagung

Die dänische Rundfunkorganisation DR (Danmarks Radio) hat die Technische Kommission der UER zu ihrer 35. Jahrestagung in der Zeit vom 18. bis 22. April 1983 nach Kopenhagen eingeladen.

Herbert Fix, Peter Wolf
Institut für Rundfunktechnik, München

Schrifttum:

[1] Fix, H.; Wolf, P.: Die 33. Jahrestagung der Technischen Kommission der UER, Funchal/Madeira, 6. bis 10. April 1981. Rundfunktech. Mitt. 25 (1981), S. 128 bis 130.

[2] Eden, H.: Die XV. CCIR-Vollversammlung, Genf, 15. bis 26. Februar 1982. Rundfunktech. Mitt. 26 (1982), S. 88 bis 89.

TAGUNGEN UND AUSSTELLUNGEN

Termine

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	20. 10. – 23. 10. 1982 Dortmund	ELEKTROTECHNIK 82 13. Fachschau für elektronische Aus- rüstung
13. 9. – 16. 9. 1982 München	10. Jahrestagung der Fernseh- und Kinotechnischen Gesellschaft (FKTG)	9. 11. – 13. 11. 1982 München	electronica 10. Internationale Fachmesse für Baulemente und Baugruppen der Elektronik
13. 9. – 17. 9. 1982 Helsinki	EuMC 12th European Microwave Conference	23. 11. – 25. 11. 1982 Mannheim	NTG-Fachtagung Hörrundfunk

BUCHBESPRECHUNGEN

Encyclopedia of Automatic Musical Instruments. Von Q. David Bowers. 7. Auflage. 1008 Seiten, zahlreiche Bilder, Format 28,5 cm x 22 cm, Kunststoffeinband, The Vestal Press, New York 1979, Preis 37.00 US\$, ISBN 0-911572-08-2.

Dieses nur in englischer Sprache und nun schon in 7. Auflage erschienene Werk ist wohl einmalig auf dem internationalen Buchmarkt. Der Autor Q. David Bowers registriert, beschreibt und zeigt auf zahlreichen Abbildungen das Ergebnis jahrelanger mühevoller Kleinarbeit (wie sie eben nur ein Liebhaber vollbringen kann): alle auf der Welt bekanntgewordenen Arten von automati-

schen Musikinstrumenten aus den Jahren 1750 bis 1940. Reisen ins In- und Ausland zu den Nachkommen der teilweise nicht mehr lebenden Hersteller waren dazu erforderlich, Fachleute und Sammler aus vielen Ländern haben ihn dabei unterstützt. Neben Zylinder-, Scheiben-Musikboxen, Spieluhren, selbstspielenden Klavieren, Reproduktionsklavieren und Drehorgeln findet man hier alles bis zum größten je gebauten Orchestrion mit rund 1500 Pfeifen, das ein Orchester mit 100 bis 120 Mann ersetzte.

Auf den über 1000 Seiten hat Bowers aber nicht nur Bilder und Daten zusammengetragen, es gelingt ihm

auch, etwas von der Romantik der automatischen Musikinstrumente auf den Leser zu übertragen. Neben den berühmtesten Herstellern kommen die Komponisten und die Interpreten jener Zeit zu Wort. Die größte Popularität erreichten diese Musikinstrumente in den Jahren 1900 bis 1930. Mit der Einführung des Rundfunks, der Erfindung des Tonfilms und dem Beginn des Weltkrieges gerieten nicht nur zahlreiche Herstellerfirmen, sondern auch deren Instrumente in Vergessenheit. So ist es durchaus möglich, daß von einem Orchestrion, das in einer Stückzahl von mehreren Tausend gebaut wurde, heute nur noch ein oder zwei funktionsfähige Exemplare existieren (manchmal sogar überhaupt keines mehr). Andere Firmen wiederum überlebten (z. B. Wurlitzer und Seeburg, die bekannten Hersteller für moderne Musikboxen).

Diese Enzyklopädie ist eigentlich vor allem für den deutschen Leser interessant, waren doch mehrere deutsche Hersteller beim Bau automatischer Musikinstrumente führend auf dem Weltmarkt. Bei selbstspielenden Klavieren und Orchestrions war es die Firma Hupfeld in Leipzig, bei Reproduktionsklavieren und Walzenorchestrions die Firma Welte in Freiburg und bei großen Karussellorgeln die Firma Bruder in Waldkirch.

Zusammenfassend kann man sagen, daß dieses Buch die wohl ausführlichste Darstellung der automatischen Musikinstrumente enthält. Hinweise auf weiterführende Literatur und ein Wörterbuch für die verwendeten Fachausdrücke runden dieses hervorragende Werk ab.

Rolf Hengstler

Rauschprobleme der Nachrichtentechnik. Aus der Reihe: Einführung in die Nachrichtentechnik. Von Friedrich Landstorfer und Heinrich Graf. Hrsg. Alfons Gottwald. 203 Seiten, 103 Bilder, 5 Tabellen, Format 20,5 cm x 13,5 cm, Kunststoffbroschur. R. Oldenbourg Verlag, München-Wien 1981, Preis 58,- DM, ISBN 3-486-24681-X.

Dieses primär für Ingenieure konzipierte Buch befaßt sich mit der breiten Palette der Rauschprobleme in der Nachrichtentechnik. Es beginnt mit einer kurzen Erläuterung des Begriffes „Rauschen“, geht dann zur Beschreibung von stochastischen Signalen über, befaßt sich mit dem Rauschen von Zwei- und Vierpolen und schließt letztendlich mit einem Vergleich der Rauschkennwerte bei verschiedenen Modulationsverfahren, wobei die Beurteilung der Schwingungsmodulationsarten im Mittelpunkt steht.

Ohne die Theorie allzusehr zu betonen, werden die wesentlichen Ergebnisse in knapper Form dargestellt und

es wird unter anderem eine alternative Form der Korrelation im Frequenzbereich erörtert. Zahlreiche Aufgaben dienen zur Selbstkontrolle des Wissensstandes und erleichtern sicherlich das von den Autoren gesteckte Ziel, daß der Leser nach sorgfältigem Studium des Buches in der Lage ist, mit Rauschbegriffen zu arbeiten, Störabstände in Übertragungssystemen zu berechnen und sein Wissen durch die zahlreich angegebene weiterführende Literatur zu vertiefen.

Dieses angenehm zu lesende Buch ist sowohl den in der Ausbildung befindlichen als auch in der Praxis arbeitenden Ingenieuren zu empfehlen.

Heinz-Dieter vom Stein

Katalog des Deutschen Rundfunk-Museums. 2. Auflage. Hrsg. Deutsches Rundfunk-Museum, Redaktion: Heide Riedel und Ulrich Thiele. Etwa 400 Blatt, zahlreiche Bilder und Schaltpläne, Format 31 cm x 26 cm, Loseblatt-Sammlung im Ringbuch, bereits ergänzt im Dezember 1976, im September 1978, im Dezember 1980 und im September 1981, Deutsches Rundfunk-Museum e. V., Berlin 1981, Preis 80,- DM + 5,- DM Porto.

Der vorliegende Katalog ist eine Bestandsaufnahme der historischen Geräte der Unterhaltungselektronik im Deutschen Rundfunk-Museum in Berlin. In Form einer Loseblatt-Sammlung im Ringordner werden hier 357 Exponate in Wort und Bild vorgestellt. Vom Trichtergrammophon aus dem Jahre 1907 über den Detektor-Empfänger (1923) bis zum volltransistorisierten Koffersuper von 1959 findet man eine Vielzahl von Uralt-Radios, Plattenspielern und Tonbandgeräten. Die zweite Auflage enthält jetzt auch die Schaltbilder fast aller aufgeführten Geräte.

Für jeden, der sich für die Geschichte der Unterhaltungselektronik oder ganz allgemein für „Dampf-Radios“ interessiert, ist dieser Katalog eine wahre Fundgrube. Neben Baujahr und Preis werden die technischen Einzelheiten (Schaltung, Röhrenbestückung, Zahl der Kreise, Wellenbereiche, Lautsprecher, Betriebsspannung), aber auch Gehäuseart, Gewicht und Abmessungen der jeweiligen Geräte angegeben. Lediglich Fernsehempfänger aus der Vorkriegszeit sind kaum vertreten.

Abgerundet wird der Katalog durch die Beschreibung der im Deutschen Rundfunk-Museum gezeigten Ausstellungen (50 Jahre Deutscher Rundfunk, Rundfunk in aller Welt, Hörfunk im Zeitalter des Fernsehens). Außerdem werden die von Ausstellungen unabhängig bestehenden Einrichtungen und die Publikationen des Museums vorgestellt.

Rolf Hengstler

NACHRICHTEN

Frequenzliste 1982

Der Norddeutsche Rundfunk, Meß- und Empfangsstation Wittsmoor, Postfach 346, 2000 Wedel/Holst., hat eine Neuauflage der Frequenzliste „Hörfunk- und Fernsehsender in der Bundesrepublik Deutschland und Berlin (West)“ mit Anhang „Sender in der DDR“ nach dem Stand vom 1. Januar 1982 herausgegeben.

Das etwa 220 Seiten starke Buch kann gegen Vorauszahlung von 12,- DM (Schutzgebühr) auf das Postscheckkonto des Norddeutschen Rundfunks

Bankleitzahl: 200 100 20

Konto-Nummer: 50 000-204 Hamburg

bezogen werden.

Von Zahlung der Schutzgebühr durch Einsendung von Briefmarken oder Bargeld muß aus buchungstechnischen Gründen abgesehen werden.

IRT empfängt Europäisches Satellitenversuchsprogramm der UER

Die Union der Europäischen Rundfunkorganisationen (UER) begann am 24. Mai 1982 mit der Ausstrahlung eines Versuchsprogramms über den Orbital Test Satellite (OTS). Der Test umfaßt in der Zeit von Mai bis November 5 Wochen, wobei jeweils eine Fernsehgesellschaft für sieben Tage die Koordination für täglich fünf Stunden

Programm in sechs Sprachen übernimmt. Den Anfang machte Großbritannien (UKIB). Danach folgen Italien (RAI), Österreich (ORF), die Niederlande (NOS) und die Bundesrepublik Deutschland (ARD).

Von der OTS-Spotbeam-Antenne werden große Teile Europas einschließlich Siziliens, Skandinaviens, Irlands, der Pyrenäen und Tunesiens bedeckt. Wegen der geringen Strahlungsleistung des OTS-Spotbeams (maximal 16 W) braucht man einen 3-m-Spiegel für den Empfang der Satellitensignale. Unser Bild zeigt die Antennenanlage auf dem Dach des IRT.



Aus rechtlichen Gründen darf dieses Europäische Fernsehprogramm nicht allgemein ausgestrahlt werden. Es konnte in Deutschland zunächst nur beim IRT empfangen werden, wo die verschlüsselt gesendeten Satellitensignale decodiert werden. Inzwischen hat die Deutsche Bundespost für den NDR ebenfalls eine Empfangsstation in Betrieb genommen.

RUNDFUNKTEILNEHMER-STATISTIK

Stand 31. März 1982

	Gebührenpflichtige Teilnehmer	Zunahme (Abnahme) seit 31. 12. 1981	Anteil in %
H ö r f u n k			
BR	3 759 907	+ 20 535	17,1
HR	2 067 962	+ 11 317	9,4
NDR	4 129 404	+ 17 138	18,8
RB	284 139	- 1 350	1,3
SR	389 796	+ 1 692	1,8
SFB	898 904	- 99	4,1
SDR	2 200 352	+ 9 444	10,0
SWF	2 692 479	+ 17 362	12,2
WDR	5 569 171	+ 26 888	25,3
Summe	21 992 114	+ 102 927	100,0
F e r n s e h e n			
BR	3 440 611	+ 20 072	17,2
HR	1 860 818	+ 9 905	9,3
NDR	3 793 095	+ 15 452	19,0
RB	259 158	- 1 021	1,3
SR	361 936	+ 1 360	1,8
SFB	826 424	+ 335	4,1
SDR	1 866 395	+ 10 845	9,3
SWF	2 329 519	+ 14 345	11,6
WDR	5 282 250	+ 24 884	26,4
Summe	20 020 206	+ 96 177	100,0

Die Anzahl der darüber hinaus aus sozialen Gründen von der Gebührenpflicht für den Hör- und Fernsehgrundfunk befreiten Teilnehmer betrug 3 433 350 am 31. März 1982.

PERSÖNLICHES

UER dankt Herbert Fix

Auf der Jahrestagung 1982 der Technischen Kommission der Union der Europäischen Rundfunkorganisationen (UER) Ende April in Dublin dankte deren Vorsitzender Carlo Terzani dem Direktor des IRT Herbert Fix für dessen langjährige erfolgreiche Arbeit im Vorstand dieser Kommission.

Terzani hob dabei den ungewöhnlich reichen Erfahrungsschatz hervor, über den Herbert Fix verfügt und den er in seine stets auf Kooperation und Interessenausgleich abzielende Arbeit in der UER einbringen konnte. Herbert Fix hat dadurch für den Europäischen Rundfunk wichtige Beiträge zur Lösung der vielfältigen Arbeiten geleistet, die sich der Technischen Kommission der UER in den letzten Jahren stellten.

Ende 1982 wird Herbert Fix aus der Technischen Kommission der UER ausscheiden. Carlo Terzani gab ihm schon jetzt im voraus für die danach beginnende Zeit seines Ruhestandes die besten Wünsche der UER mit auf den Weg.

Ulrich Messerschmid

Fritz Winckel 75 Jahre alt

Der Pionier der Berliner Tonmeisterausbildung, Prof. Dr.-Ing. Fritz Winckel, feierte am 20. Juni 1982 seinen 75. Geburtstag.

Fritz Winckel wurde vor allem durch seine insgesamt etwa 300 Publikationen bekannt, von denen seine Habilitationsschrift, die später überarbeitet unter dem Titel „Phänomene des musikalischen Hörens“ veröffentlicht wurde, am weitesten Verbreitung fand und ins Englische, ins Französische und ins Polnische übersetzt wurde. Sein besonderes Interesse galt von jeher den Strukturproblemen, was sich besonders in dem 1955 von ihm herausgegebenen Band „Klangstrukturen der Musik“ niederschlug.

Zahlreiche Aktivitäten betrafen das Gebiet des Rundfunks, so der Aufbau der Berliner Tonmeisterausbildung zusammen mit der Musikhochschule Berlin und den Berliner Sendern, Arbeiten auf dem Gebiet der elektronischen Musik und vor allem in Zusammenarbeit mit Professor Boris Blacher Forschungen auf dem medizinischen

Bereich (speziell am Sprachtrakt), Vorlesungen an der Freien Universität Berlin im Rahmen der Medizinischen Fakultät (HNO), Herausgabe von Kompendien über Magnetspeichertechnik und Impulstechnik, Gastvorlesungen in den Vereinigten Staaten und die technische und akustische Ausrüstung des berühmt gewordenen Kugelstudios auf der Weltausstellung in Japan – um nur einige Tätigkeiten aufzulisten.

Vor wenigen Wochen sagte Fritz Winckel in einem Gespräch, Goethe zitierend: „Mein Leben ist ein Abenteuer“. Diese Haltung des Immer-offen-Seins, der steten Neugier und des immer wachen Interesses läßt ihn auch heute nicht ruhen: Zu seinem Geburtstag wird eine neue Schrift erscheinen, deren Titel – abgeleitet vom Begriffspaar des Grammatikers Chomsky „Deep structure/surface structure“ – wieder auf das zurückweist, was ihn wohl in seinem Leben mit am meisten beschäftigt hat, nämlich die Erforschung struktureller Zusammenhänge. Das Werk heißt „Tiefstrukturen“. Karl Otto Bäder

Abschied von Gerhard Schadwinkel

Kurz vor Vollendung seines 75. Lebensjahres verstarb am 6. Mai 1982 völlig unerwartet Dr.-Ing. Gerhard Schadwinkel, früherer Hauptabteilungsleiter und Oberingenieur beim Norddeutschen Rundfunk.

Wer ihn kennen und achten gelernt hat, wird ihn als einen offenen freundlichen Menschen in Erinnerung behalten. Er strahlte Herzlichkeit, Wärme und Vertrauen aus. Seiner westpreußischen Heimat ist er – am 23. Mai 1907 in Netzwalde bei Bromberg geboren – im Innern immer treu geblieben.

Nach der Reifeprüfung im Jahre 1926 studierte er an der Technischen Hochschule in Breslau Elektrotechnik und schloß das Studium 1931 mit der Diplom-Hauptprü-

fung ab. Seine Tätigkeit für den Rundfunk begann bereits im Jahre 1933 bei der damaligen Reichs-Rundfunk-Gesellschaft am Reichssender Breslau. 1934 wurde er nach Berlin zur Rundfunkübertragungsstelle versetzt und übernahm ab 1939 als Oberingenieur die stellvertretende Leitung der technischen Betriebsstelle. 1940 promovierte er an der Technischen Hochschule Berlin zum Dr.-Ing.

Nach fünfjähriger russischer Internierung nahm er seine Tätigkeit für den Rundfunk 1950 beim RIAS in Berlin wieder auf und wechselte noch im selben Jahr zu der amerikanischen Rundfunkgesellschaft „Radio Free Europe“ über, bei der er als Chefindingenieur mit der Planung und Errichtung eines modernen Funkhauses beschäftigt war.

Am 1. November 1952 wurde Gerhard Schadwinkel als Oberingenieur und Abteilungsleiter für die Zentraltechnik des NWDR eingestellt. Mit Wirkung vom 1. Juni 1965 wurde er mit der Leitung der Hauptabteilung Technische Projektierung und Verwaltung des NDR beauftragt. Beispielgebende technische Einrichtungen im Zusammenhang mit der Einführung des Farbfernsehens, der Automatisierung des Hörfunk-Sendeablaufs (ASMOS) und der computergesteuerten automatischen Sendeabwicklung (COMPAS) wurden während seiner Ära beim NDR errichtet.

Die stets sehr verbindliche, freundliche und ausgleichende Haltung von Gerhard Schadwinkel trug wesentlich zum Gelingen derartiger Großprojekte bei. Seine brillanten Vorträge auf Tagungen und Seminaren sind allen Ingenieuren und Technikern der Rundfunkanstalten und der Industrie noch in guter Erinnerung.

Am 31. Mai 1972 trat Gerhard Schadwinkel in den wohlverdienten Ruhestand. Mit Hochachtung und Ehrfurcht nehmen wir Abschied von ihm.

Gerhard Lahann

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. 6. 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 Werbemittler. Zur Zeit gilt Anzeigenpreisliste Nr. 13.

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