

# Rundfunk-Stereophonie-Systeme

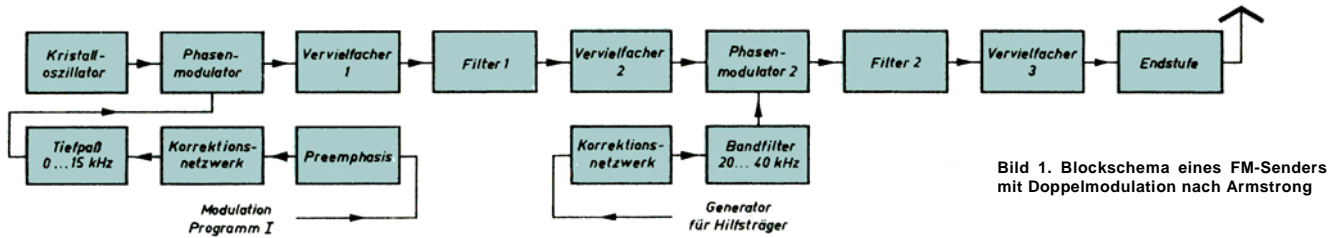


Bild 1. Blockscheema eines FM-Senders mit Doppelmodulation nach Armstrong

Die naheliegende Ergänzung der niederfrequenten stereophonischen Wiedergabe von besonders dafür hergestellten Schallplatten und Tonbändern stellt die hochfrequente Ausstrahlung stereophonischer Musik- und Hörspielaufnahmen durch die Rundfunksender dar<sup>1)</sup>. Das einfachste Verfahren ist dabei die Verwendung von zwei verschiedenen, aber räumlich benachbarten UKW-Sendern, die je einen Tonkanal übertragen. Am Empfangsort müssen zwei — möglichst gleichwertige — Empfänger vorhanden sein, die je einen der beiden Sender empfangen und nach Demodulation und Verstärkung über ihre Lautsprecher wiedergeben.

Wegen der begrenzten Anzahl der UKW-Kanäle läßt sich diese verhältnismäßig einfache Methode des stereophonischen Rundfunks aber bestenfalls während des Versuchsstadiums, beispielsweise nach Beendigung des offiziellen Rundfunk-Programms, anwenden. Zweckmäßiger scheinen die bereits seit mehreren Jahren bekannten Doppelmodulationsverfahren für einen einzigen Sender, die keine zusätzlichen Kanäle benötigen. So ist u. a. vorgeschlagen worden, einen HF-Träger mit einer kombinierten Amplituden- und Frequenzmodulation zu versehen.

## Das Armstrong-Verfahren

Schon 1934 war es E. H. Armstrong gelungen, über einen FM-Sender mit der Frequenz 40 MHz gleichzeitig vier Sendefolgen auszustrahlen. Armstrong verwendete einen oder mehrere ebenfalls frequenzmodulierte Hilfsträger, die im gleichen Kanal weitere Programme übertragen. Dieses System hat den Nachteil, daß man auf der Empfängerseite Spezialempfänger benutzen muß, es ist also nicht von vornherein kompatibel.

Das Blockbild eines doppelt-frequenzmodulierten Senders nach Armstrong ist im Bild 1 dargestellt, während Bild 2 den Modulationszusatz für den Hilfsträger (zweites Programm) zeigt. Die Hauptschwierigkeit liegt dabei in der Notwendigkeit, die Übersprechdämpfung von einem Kanal auf den anderen hinreichend groß zu machen. Das gleiche Problem trat auch bei der Entwicklung der Tonabnehmer für die NF-Stereophonie auf. Ein weiteres Problem ergab sich durch das bei den ersten Versuchen sehr ungünstige Signal/Rauschverhältnis. Diese Schwierigkeit ließ sich erst beheben, als man zu einer besonderen Modulationsart, der „Serrasoid-Phasensteuerung“ nach I. R. Day überging. Das Modulatorrauschen ist eine Folge der zunächst nur geringen Frequenzänderung, die man mit dem Phasenmodulator erhält. Um den gewünschten Frequenzhub (50 bis 75 kHz) zu erreichen, muß jedoch der Fre-

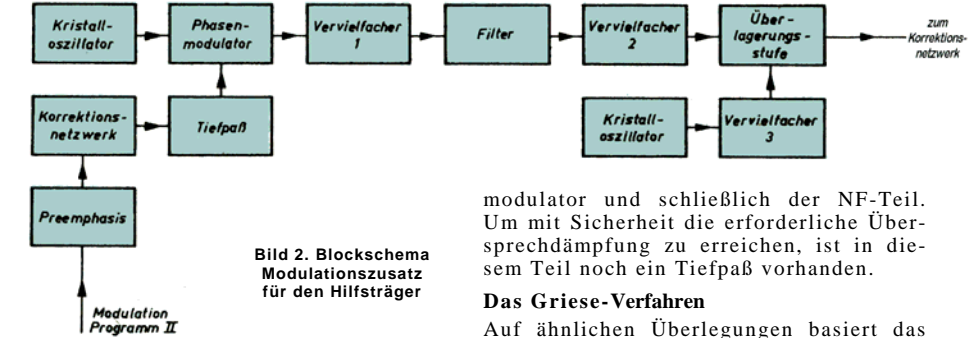


Bild 2. Blockscheema Modulationszusatz für den Hilfsträger

quenzvervielfachungsfaktor sehr groß sein, und dadurch vergrößert sich auch im gleichen Maßstab die „Geräusch-FM“. Beim Serrasoid-Modulationsverfahren, mit dem sich ein Signal/Rauschverhältnis von — 80 dB erreichen läßt, wird die Modulationsspannung des zweiten Kanals erst hinter dem zweiten Vervielfacher eingeführt; hinter dem Einspeisepunkt erfolgt dann nur noch eine verhältnismäßig kleine weitere Vervielfachung der Grundfrequenz. Außerdem macht man die letzte Vervielfacherstufe sehr breitbandig und verhindert dadurch gleichzeitig Kreuzmodulation, deren Pegel ebenfalls nicht über den des Grundgeräusches hinausgehen darf. Die Versuche ergaben, daß bei  $\pm 75$  kHz Hub im Hauptkanal und einem entsprechenden kleineren im Hilfskanal (etwa  $\pm 20$  kHz) die Kreuzmodulation im Hilfskanal unter — 60 dB gehalten werden konnte.

Bei der Versuchsausführung wurde die Trägerfrequenz von 40 MHz mit einem Hilfsträger von 27,5 kHz moduliert, der ebenso wie der Hauptträger frequenzmoduliert war. Der Hilfsträger wird in einem besonderen Generator verhältnismäßig niedriger Frequenz erzeugt, zunächst auf etwa 10...12 MHz vervielfacht und schließlich mit Hilfe eines Quarzoszillators auf den angegebenen Wert von 27,5 kHz herabgesetzt. Über ein Korrektionsnetzwerk und ein sich daran anschließendes Bandfilter gelangt der Hilfsträger zum zweiten Phasenmodulator. Ein Nachteil dieses Verfahrens ist, daß die obere NF-Grenzfrequenz der Hilfsträgermodulation etwas niedriger als die des Hauptträgers ist. Außerdem verkleinert sich wegen der verminderten Amplitude die Reichweite des Senders.

Die von Armstrong für die Empfängerseite entwickelte Anordnung enthält einen Eingangs-HF-Verstärker, eine Mischstufe mit quarzgesteuertem Oszillator, fünf ZF-Stufen (10,7 MHz), einen doppelten Begrenzer und einen Diskriminator. Für den zweiten Kanal sind noch ein Hochpaßfilter, ein RC-Verstärker, ein Bandfilter und ein frequenzabhängiges Netzwerk erforderlich. Darauf folgen der Begrenzer, der De-

modulator und schließlich der NF-Teil. Um mit Sicherheit die erforderliche Übersprechdämpfung zu erreichen, ist in diesem Teil noch ein Tiefpaß vorhanden.

## Das Griese-Verfahren

Auf ähnlichen Überlegungen basiert das Verfahren von H. J. Griese (DBP Nr. 861884 und Nr. 865479). Bei diesem speziell für den stereophonischen UKW-Rundfunk entwickelten System wird der HF-Träger unmittelbar mit der NF-Spannung des ersten Kanals frequenzmoduliert. Die tonfrequente Spannung des zweiten Kanals moduliert zunächst einen Hilfsträger von etwa 40 kHz (der also außerhalb des Hörbarkeitsbereiches liegt), mit dem man dann den HF-Träger des Senders frequenzmoduliert.

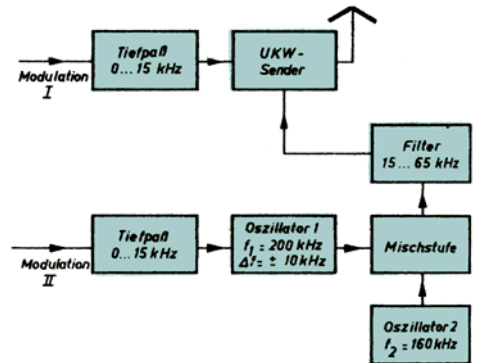


Bild 3. Blockscheema des Senders für UKW-Rundfunk-Stereophonie nach dem Griese-Verfahren

Bild 3 zeigt das Blockscheema des Senders. Der UKW-FM-Sender arbeitet mit dem üblichen Frequenzhub von  $\pm 75$  kHz. Um alle Frequenzen über 15 kHz zu unterdrücken, liegt im Modulationsweg des ersten Kanals ein Tiefpaßfilter mit 15 kHz Grenzfrequenz. Der zweite Tonkanal (Modulation II) enthält ebenfalls ein Tiefpaß zur Unterdrückung aller Frequenzen über 15 kHz. Mit dem verbleibenden Band von 0...15 kHz wird der Oszillator I (Mittelfrequenz  $f_1 = 200$  kHz) mit einem Hub von  $\Delta f = \pm 10$  kHz frequenzmoduliert. In der folgenden Mischstufe überlagert man diesem Hilfsträger eine zweite (unmodulierte) HF-Spannung mit der Frequenz  $f_2 = 160$  kHz, so daß hinter der Mischstufe die Differenzfrequenz  $f_1 - f_2 = 40$  kHz mit dem Hub des Hilfsträgers  $\Delta f = 10$  kHz zur Verfügung steht. Um alle störenden Frequenzanteile vom Sender fernzuhalten,

<sup>1)</sup> Lohnt sich die Rundfunk-Stereophonie? FUNK-TECHNIK Bd.13 (1958) Nr.21, S. 709

liegt zwischen diesem und der Mischstufe ein Bandpaß mit dem Durchlaßbereich 15 ... 65 kHz.  
Wie bereits Bild 3 erkennen läßt, erfordert das Modulationsverfahren nach Griese wesentlich weniger Aufwand als das von Armstrong. Da die Frequenzen über 15 kHz durch das Deemphasis-Glied im normalen UKW-Empfänger unterdrückt werden, ist das Verfahren durchaus kompatibel, d. h., auch Rundfunkteilnehmer, die kein Stereophonie-Zusatzgerät besitzen, können die ausgestrahlte Sendung ungestört monaural empfangen. Voraussetzung dabei ist, daß die vom Hauptträger übertragenen Informationen ein volles Mono-Signal enthalten.

Um binaural zu hören, braucht auf der Empfängerseite nur ein verhältnismäßig einfaches Zusatzgerät an den NF-Teil des normalen Empfängers angeschlossen zu werden (Bild 4). Zweckmäßigerweise erfolgt der Anschluß des Zusatzgerätes hinter der NF-Vorstufe des Empfängers, um möglichst hohe Spannungen für den Demodulator im zweiten Kanal zu erhalten. Dann muß jedoch das Deemphasis-Glied des ersten Kanals am Gitter der Endröhre liegen. Zwischen NF-Vorstufe des ersten und Demodulator des zweiten Kanals ist ein Hochpaß mit einer unteren Grenzfrequenz  $f_g = 15$  kHz geschaltet, um störende Tonfrequenzen auszublenden. Demodulator und NF-Stufe des Zusatzgerätes für den binauralen Rundfunkempfang sind normal ausgelegt.

Die Schaltung des Stereophonie-Zusatzes nach dem Griese-Verfahren zeigt Bild 5.  $L$  und  $C1$  bilden den Hochpaß mit  $f_g = 15$  kHz. Das Trioden- (oder Pentoden-)System von  $Rö1$  wird übersteuert, so daß ein Begrenzereffekt eintritt und am Arbeitswiderstand  $R1$  eine rechteckförmige Spannung abfällt, die den Kondensator  $C2$  periodisch umlädt. Dadurch entstehen in Verbindung mit der Diodenstrecke in  $Rö1$  negative Spannungsspitzen am Widerstand  $R2$ . In dem  $RC$ -Glied  $C3, R4$  werden die Spannungsspitzen integriert, und dadurch erhält man die tonfrequente Modulation, die in  $Rö2$  und  $Rö3$  verstärkt und dem Lautsprecher dieses NF-Kanals zugeführt wird.

Wesentlich für die stereophonische Rundfunkübertragung ist, daß die Modulation beiden Kanälen phasenrein zugeführt wird. Man muß daher versuchen, mit möglichst kurzen Leitungen zwischen Studio und UKW-Sender auszukommen, da auf längeren Leitungen frequenzabhängige Phasendrehungen nur schwer zu vermeiden sind. Bei größeren Entfernungen ist es zweckmäßiger, an Stelle der Leitungen eine drahtlose Verbindung (Ballempfang) zwischen Aufnahme- und Sendestelle einzurichten.

**Das Pilotton-Verfahren**

Eine andere Möglichkeit der Rundfunk-Stereophonie ergibt sich durch Einführung sogenannter Pilotfrequenzen<sup>2)</sup>. Dazu schneidet man das Frequenzband einer monauralen Sendung mit einem Tiefpaß oberhalb einer bestimmten Frequenz so ab, daß dort Steuersignale untergebracht werden können. Man geht dabei von der Überlegung aus, daß ein sinusförmiger Ton (Pilotton), dessen Amplitude unterhalb des Rauschpegels liegt, wegen des Verdeckungseffektes unhörbar bleibt. Für die Frequenz des Pilottones wird ein Bandfilter mit 100 Hz Bandbreite in den Übertragungskanal geschaltet. Dadurch läßt sich der Störpegel im Durchlaßbereich des Band-

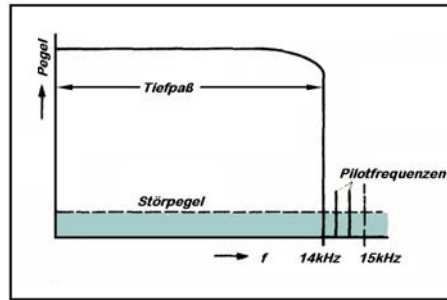


Bild 6. Pegelplan eines Übertragungskanals mit Pilotfrequenzen

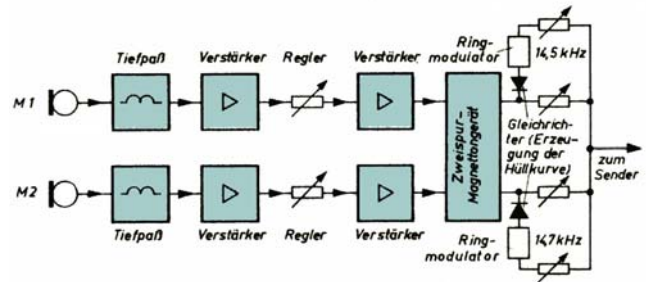


Bild 7. Sendeseite einer stereophonischen Rundfunkübertragung mit Pilotfrequenzen

filters im Verhältnis der Wurzel der Bandbreiten (100 Hz und 15 kHz) um 20 dB herabsetzen. Der Pegel des Pilottones bleibt dabei unverändert, er überträgt aber nun den Störpegel erheblich, so daß der Pilotton am Ausgang der Übertragungskette leicht vom Störpegel getrennt werden kann. Diese Verhältnisse veranschaulicht Bild 6. Der für die Pilotfrequenzen bestimmte Frequenzbereich wird durch ein Tiefpaßfilter (mit beispielsweise 14 kHz Grenzfrequenz) von Modulation freigehalten. Bei der üblichen Grenze des Tonfrequenzbereiches beim UKW-Rundfunk von 15 kHz wählt man für die Pilotfrequenzen 14,5

und 14,7 kHz. Dabei übersteigt der Pegel dieser Frequenzen den Rauschpegel um etwa 12 dB. Die in diesem Bereich bereits stark verminderte Ohrempfindlichkeit und die gleichzeitige Übertragung der Nutzmodulation bewirken eine zusätzliche Verdeckung der Pilotfrequenzen; daher bezeichnet man dieses Verfahren als „Stereo-Übertragung mit unterschwelligem Pilotfrequenzen“.

Studioseitig wird mit der sogenannten „Intensitätsstereophonie“ nach H. Lauridsen gearbeitet<sup>3)</sup>. Die von zwei Mikrofonen abgegebenen Spannungen werden einem Zweispur-Magnetongerät, das als Laufzeitglied dient, zugeführt, dann zusammengefaßt und weiter wie üblich einkanalig übertragen (Bild 7), so daß ein gewöhnlicher Empfänger die Sendung in der gewohnten Qualität monaural wiedergibt. Um mit einer Spezial-Empfangsanordnung den gewünschten stereophonischen Eindruck zu erreichen, sind auf der Sendeseite noch weitere Maßnahmen erforderlich; die aber den monauralen Empfang nicht beeinflussen. Vor der Zusammenführung der beiden Kanäle gelangen die NF-Spannungen der einzelnen Kanäle zu Gleichrichteranordnungen, in denen die Hüllkurven der beiden Tonfrequenzspannungen gebildet werden, die ein Maß für

den zeitlichen Amplitudenverlauf der beiden Schallereignisse darstellen. Die Hüllkurvenspannungen steuern über einen Ringmodulator die Amplituden zweier Pilotfrequenzen, die zwar, wie oben beschrieben, gleichzeitig mit der Modulation übertragen werden, aber wegen der geringen Amplitude unhörbar bleiben. Im NF-Teil des Empfängers sibt man die Pilotfrequenzen mittels Filter aus. Über Regelverstärker steuern sie dann die Lautstärke räumlich getrennt aufgestellter Lautsprecher und erzeugen dadurch die für den Stereophonieeffekt erforderlichen Intensitätsunterschiede.

In der beschriebenen Weise lassen sich jedoch nur zeitlich nacheinander ablaufende Schallereignisse eindeutig lokalisieren. Gleichzeitig auftretende, gleichlaute Schallvorgänge können nicht getrennt werden, da in diesem Fall die beiden Lautsprecher die gleiche Modulation abstrahlen. Die dabei beobachtete plastische Wirkung tritt nur durch den räumlichen Abstand der Lautsprecher ein.

Dieser Mangel kann behoben werden, indem man den beiden richtungsabhängigen Mikrofonspannungen günstige Laufzeitunterschiede gibt. Dadurch wird die Gleichzeitigkeit in ein zeitliches Nacheinander umgewandelt. Zur Lokalisierung der Schallquelle genügt es nach Untersuchungen von Fransen<sup>4)</sup>, wenn dieses Nach-

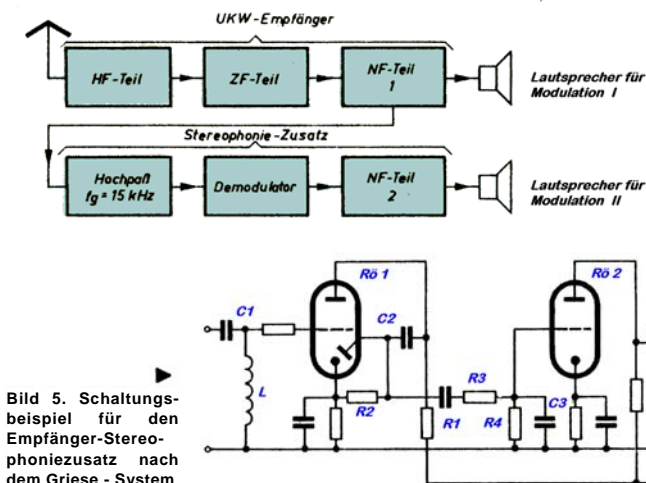


Bild 5. Schaltungsbeispiel für den Empfänger-Stereophoniezusatz nach dem Griese-System

Bild 4. Blockscha des Empfängerzusatzes für Stereophonie

<sup>2)</sup> Enkel, F.: Die Übertragung räumlicher Schallfeldstrukturen über einen Kanal mit Hilfe unterschwelliger Pilotfrequenzen. ELEKTRONISCHE RUNDSCHAU Bd. 12 (1958) Nr. 10, S. 347-349

<sup>3)</sup> Lauridsen, H., u. Schlegel, F.: Stereophonie und richtungsdiffuse Klangwiedergabe. Gravesaner Blätter Bd. 2 (1956) Nr. 5, S. 28-50

<sup>4)</sup> Fransen, N. V.: Neuentwicklung in der räumlichen Schallwiedergabe. Ber. 4. Tonmeistertagung Detmold 1957

einander ganz kurzzeitig in Intervallen erfolgt. Auf diese Weise können auch bei Tutti-Stellen die Instrumente eines Orchesters geortet werden.

Diese Laufzeitunterschiede werden mit dem bereits erwähnten Zweispur-Magnetongerät hergestellt. Die Zeitunterschiede, die dabei bis zu 30 ms betragen können, lassen sich leicht durch Verschieben der Wiedergabeköpfe erreichen. Von den zeitlich verschobenen Tonfrequenzspannungen nimmt man, wie bereits beschrieben, die Hüllkurven ab, die dann die Amplituden der Pilotöne steuern. *W. Taeger*

## Rundfunk-Stereophonie im Ausland

In aller jüngster Zeit sind im ausländischen Schrifttum einige, wenn auch noch etwas mangelhafte Angaben über einen jetzt in New York und einen in London betriebenen Versuchssender für Rundfunk-Stereophonie bekanntgegeben worden. Beide Sender strahlen alle Informationen für die beiden Stereo-Kanäle über einen Hauptträger (und Hilfsträger) ab; sie sind kompatibel.

### Crosby-System

In den USA hat die Überwachungsbehörde FCC der New Yorker Station *WBAI-FM* die Erlaubnis für Versuchssendungen mit einem frequenzmodulierten Multiplex-System gegeben, das von den *Crosby-Laboratorien* entwickelt wurde. Nach den vorliegenden Angaben entspricht das Grundprinzip etwa den im vorhergehenden Aufsatz beschriebenen Verfahren von *Armstrong* und *Griese*. Der zweite HF-Übertragungskanal wird durch die Hinzuziehung eines Hilfsträgers gebildet. Dieser 50-kHz-Hilfsträger ist mit der zweiten für die Stereo-Wiedergabe notwendigen Information frequenzmoduliert, und zwar mit einem Hub bis zu 25 kHz. Er moduliert den bereits mit der ersten Information frequenzmodulierten Hauptträger seinerseits zwischen 15 und 50 % aus. Es heißt weiter, daß infolge der Benutzung

eines Summen- und Differenzverstärkers im Sender das System kompatibel sei. Die Aufteilung der beiden von den Mikrofonen kommenden NF-Informationen auf die beiden HF-Kanäle dürfte also wahrscheinlich dem in der *FUNK-TECHNIK* Bd.13 (1958) Nr.21, S.709, gebrachten XY-Beispiel entsprechen. Es ist damit wohl in der Rundfunk-Stereophonie zum ersten Mal ein Weg eingeschlagen worden, der sich zum Erreichen der Kompatibilität bereits in der Stereo-Schallplatten-Praxis bewährt hat. Über die Trennung der beiden Kanäle im Stereo-Empfänger und die Art der richtigen Zuordnung der Informationen zu den beiden niederfrequenten Verstärkerkanälen fehlen jedoch nähere Angaben.

### Percival-System

Ein von der englischen Firma *EMI* entwickeltes kompatibles Übertragungssystem für Rundfunk-Stereophonie wird zur Zeit in London von der *BBC* erprobt. Das Novemberheft der Zeitschrift „Wireless World“ berichtet über einige Einzelheiten. Die zweite Information wird wie beim Crosby-Verfahren in einem Seitenband des Hauptträgers übertragen, und zwar außerhalb des tonfrequenten Bereiches. Der Hauptträger ist ebenfalls mit einem kombinierten Signal des tonfrequenten rechten und linken Kanals frequenzmoduliert. Dieses Signal ist daher absolut kompatibel. Die sehr wesentliche Abweichung gegenüber dem Crosby-System besteht jedoch in der Wahl des Informationsinhaltes, den man über den Hilfsträger ausstrahlt. Hierfür wurde nicht die Differenz des tonfrequenten rechten und linken Kanals gewählt. Die Information des Hilfsträgers sagt beim Percival-System überhaupt nichts mehr über die wiederzugebenden Tonfrequenzen aus (diese Information ist ja bereits in der Modulation des Hauptträgers enthalten), sondern sie gibt nur eine Information über die Lautstärkeanteile, die Intensität, der beiden tonfrequenten Kanäle. Dazu wird von den zwei tonfrequenten Spannungen studioseitig die Hüllkurve gebildet, und mit dem Verhältniswert dieser Tonfrequenz-Amplituden moduliert man einen nur 100 Hz breiten Hilfsträger (vermutlich mit Amplitudenmodulation). Hierbei wird also grundsätzlich der Weg beschritten, wie ihn auch das im vorstehenden Übersichtsaufsatz genannte Pilotfrequenz-Verfahren geht,

nur mit dem Unterschied, daß das Percival-Verfahren beide Intensitäts-Informationen in einem nur 100 Hz breiten Band unterbringt. Der modulierte Hilfsträger wird im Sender in gewohnter Art dem kompatiblen Signal zugefügt und mit ausgestrahlt.

Im Stereo-Empfänger demoduliert man Haupt- und Hilfsträger nach erfolgter Trennung. Die Information für den einen tonfrequenten Kanal ergibt sich dann aus dem Produkt der beiden Signale des Haupt- und des Hilfsträgers, die Information für den zweiten tonfrequenten Kanal dagegen durch Abziehen dieses Produktes vom kompatiblen Signal.<sup>1)</sup>

Es heißt noch weiter in dem sehr knappen Bericht, daß die Multiplikation auf der Empfängerseite linear sein muß, um die Richtungsinformationen zu erhalten. Ein Vorschlag von *E. W. Taylor*, bei dem man den Hall-Effekt in Halbleitern ausnutzt, sichert diese Linearität. Mit dem kombinierten Signal ruft man dabei einen Strom durch den Halbleiter hervor, während die Richtungsinformation (die Information des 100 Hz breiten Hilfsträgers) ein magnetisches Feld ergibt, das rechtwinklig zum Strom steht. Einem dem Produkt dieser Signale proportionale Spannung tritt dann rechtwinklig zu Strom und Feld auf.

Versuche mit dem im Band II frequenzmodulierten Sender mit einer Leistung von etwa 1W ergaben eine Reichweite von etwa ¼ Meile (rund 400 m). *jän.*

<sup>1)</sup> Das klingt nun sehr verwickelt; daß auf eine solche komplizierte Art aber zwei Informationen nach mehrfacher Umwandlung wieder jede für sich auftreten können, zeigt das nachstehende (als Möglichkeit vom Referenten angenommene) Schema.

|           |   |   |
|-----------|---|---|
| Studio    | 1. tonfrequenter Kanal<br>X                                 | 2. tonfrequenter Kanal<br>Y               |
| Sender    | kompatibler HF-Hauptträger<br>(X + Y)                       | HF-Hilfsträger<br>Y<br>(X + Y)            |
| Empfänger | 1. tonfrequenter Kanal<br>(X + Y) · $\frac{Y}{(X + Y)} = X$ | 2. tonfrequenter Kanal<br>(X + Y) - X = Y |

## Gedanken über die Durchführung der Rundfunk-Stereophonie

Die bisher bekannten Einzelheiten über die in diesem Heft kurz besprochenen Verfahren sind zum Teil sehr unvollständig. Tab. I ist eigentlich nur als „Notizzettel“ zu werten, der dem Referenten eine lose Ordnung des neuen Fragenkomplexes bringen sollte. Manche Annahme (und vieles mußte nur angenommen werden, weil hieb- und stichfeste Bewertungen fehlen) ist deshalb vielleicht korrekturbedürftig. Die Angaben und Annahmen zeigen aber deutlich den Weg, auf dem sich die Entwicklung bewegt.

Das Armstrong-Verfahren wurde in diese Gegenüberstellung nicht mit einbezogen, weil es bisher in der ursprünglichen Form bei den zur Zeit zur Debatte stehenden Vorschlägen und Versuchsanordnungen nicht auftaucht. Ebenso sind alle Zweisender-Verfahren ausgeschaltet worden, von deren unmodernem und unvollkommenem Einsatz man selbst für einen „Übungsbetrieb“ der Studios rigoros absehen sollte.

Der naheliegendste Weg einer gemischten AM/FM-Modulation eines einzigen Trägers ist für ein Verfahren, das nur mit Spezial-Stereo-Empfängern arbeiten will, sehr gut brauchbar. Das ergibt eine mathematisch-physikalische Untersuchung von *H. J. U. b. i. s. c. h.* und *H. S. e. i. d. e. l.* („Eine Methode zur stereophonischen Übertragung von Rundfunk-Sendungen“; erscheint im Novemberheft der ELEKTRONISCHEN RUNDSCHAU). Die vorhandene große

Kreuzmodulation des amplitudenmodulierten Nachrichtensignals auf das frequenzmodulierte Nachrichtensignal läßt sich in einem Spezial-Empfänger wohl gut kompensieren, und zwar (wie es die Verfasser nachweisen) beispielsweise mit Hilfe eines zusätzlich eingeführten gegenphasigen amplitudenmodulierten Nachrichtensignals. Als Nachteil des Verfahrens bleibt jedoch bestehen, daß ohne eine zusätzliche Kompensierung das FM-Signal nicht kompatibel ist. Da nun das AM-Signal nur sehr gering beeinflusst ist, könnte sicherlich der AM-Kanal ohne weiteres kompatibel sein; das deutsche UKW-Netz ist jedoch auf FM abgestellt.

Die unabdingbare Forderung der Kompatibilität eines FM-Signals ist bei den anderen besprochenen Verfahren erfüllt oder läßt sich dort, wo noch keine genaueren Angaben über die Art und Weise der geplanten Lösung vorliegen, auf jeden Fall erfüllen. Stets ist dazu eine systematische Aufteilung der Tonfrequenz- und der Richtungsinformationen auf die beiden hochfrequenten Kanäle notwendig. Hier ist nun in letzter Zeit eine äußerst interessante Entwicklung bemerkbar. Beim Griese- und beim Crosby-System ist der Informationsinhalt des zweiten hochfrequenten Kanals sehr groß. (Allerdings liegen bisher für das Griese-Verfahren keine verbindlichen Angaben über die Art der notwendigen Aufteilung der Information vor.) Man könnte nun sagen, daß dort der Leistungsbedarf für die Ausstrahlung



Tab. I. Übersicht über einige Rundfunk - Stereophonie - Verfahren

| System            | Art der Modulation                        |  | im zweiten HF-Kanal wird übertragen  | Übersprechen                  | kompatibel (Grund dafür)   | erforderliche Bandbreite größer als bei monauralem Sender | Verlust an eff. Leistung des Senders gegenüber monaural | erforderlicher Aufwand für HF-Sender bei gleicher eff. Leistung | studio-seitiger Aufwand |
|-------------------|---|--|--|-------------------------------|--|---|---|---|-------------------------|
|                   | erster HF-Übertr.-Kanal                   | zweiter HF-Übertr.-Kanal (Hilfsträger)   |  |                               |  |   |   |   |                         |
| FM/AM-Mod.        | FM<br>beide zusammen modulieren HF-Träger | AM<br>beide zusammen modulieren HF-Träger  | volle zweite NF-Information  | AM = gering<br>FM = sehr groß | nein (infolge Kreuzmodulation)                                   | nein  | groß  | etwa doppelt  | klein                   |
| Griese            | FM<br>beide zusammen modulieren HF-Träger | FM (etwa 30 kHz Hub) auf etwa 40-kHz-Hilfsträger   | (Differenz der ersten und zweiten NF-Information ?)                        | gering                        | ja   | nein <sup>2)</sup>  | groß  | etwa doppelt  | klein                   |
| Crosby            | FM<br>beide zusammen modulieren HF-Träger | FM (etwa 25 kHz Hub) auf etwa 50-kHz-Hilfsträger   | Differenz aus erster und zweiter NF-Information                            | gering                        | ja (durch Summen- und Differenzbildung)                          | nein <sup>2)</sup>  | groß  | etwa doppelt  | klein                   |
| AEM <sup>1)</sup> | FM<br>alle zusammen modulieren HF-Träger  | zwei amplitudenmodulierte schmale Hilfsträger (B = 100Hz) am Ende des NF-Bandes (etwa bei 14,5 und 14,7 kHz) | Intensitätsinformationen aus Hüll-Kurven der NF-Informationen              | sehr gering (?)               | ja   | nein  | gering  | gering  | erträglich              |
| Percival          | FM<br>beide zusammen modulieren HF-Träger | ein schmaler Hilfsträger außerhalb des NF-Bandes; Modulation anscheinend AM (?)                              | Intensitätsinformation aus Verhältnis der Hüll-Kurven der NF-Informationen | sehr gering (?)               | ja (durch Summen-, Differenz-, Produkten- und Quotientenbildung) | nein  | klein   | gering  | erträglich              |

<sup>1)</sup> Vorschlag von Adam/Enkel/Meyer-Eppler; <sup>2)</sup> Bei jedoch verringertem FM-Hub jedes Übertragungskanals (kleinere Dynamik)

der Signale in beiden HF-Kanälen etwa gleich groß sein dürfte. Soll am Empfangsort nun für das binaurale, kompatible Signal eine gleiche Empfangsfeldstärke wie bisher vorhanden sein, dann müßte wohl noch zusätzlich eine etwa gleich große Senderleistung für den zweiten HF-Kanal aufgebracht werden. Bezogen auf den bisherigen Einkanal-Sender, ist immer mit einer Verringerung der effektiven Senderleistung zu rechnen, und zwar mit einer um so größeren Verringerung, je größer der zu übertragende Informationsinhalt des zweiten HF-Kanals ist. Eine Wireless-World-Notiz spricht von einer Verringerung von etwa 6 dB beim Crosby-Verfahren. Reduziert man nun die im zusätzlichen HF-Kanal zu übertragende Information auf das unbedingt erforderliche Maß, dann dürfte auch die Verringerung der effektiven Senderleistung nicht mehr so groß sein. Das Verfahren nach Adam/Enkel/Meyer-Eppler (in der Tabelle mit AEM bezeichnet) begnügt sich nun mit der Übertragung der Frequenz-Information im Hauptkanal und sendet in den zusätzlichen Kanälen nur die beiden Stereo-Intensitäts-Informationen für die im Hauptkanal übertragenen Frequenz-Informationen. Noch weiter geht man sogar beim Percival-Verfahren, bei dem im hochfrequenten Zusatzkanal nur eine Information gesendet wird, die dem Verhältnis der tonfrequenten Spannungsamplituden entspricht. Das Percival-Verfahren soll deshalb nach den vorliegenden Angaben nur eine Verringerung der effektiven Senderleistung von etwa 2 dB ergeben.

Es ist wohl auch damit zu rechnen, daß die Gefahr des Übersprechens (sofern bei den Verfahren überhaupt eine Gefahr dafür besteht) bei den Systemen mit kleinem Informationsinhalt im zusätzlichen HF-Kanal geringer als bei Systemen mit größerem sein wird.

Welches System in bezug auf die zu übertragende Dynamik (unter Zugrundelegung der normalen Bandbreite des HF-Trägers) am günstigsten ist, müssen weitere Untersuchungen ergeben.

Die Anforderung an die benötigte Phasentartigkeit der beiden HF-Kanäle dürfte wahrscheinlich bei den Verfahren, die im zusätzlichen Kanal nur Intensitäts-(Richtungs-)Informationen übertragen, etwas günstiger sein.

Senderseitig ist als weiterer Gesichtspunkt auch noch der Mehraufwand im Studio zu beachten, obwohl dieser voraussichtlich kaum die ausschlaggebende Rolle spielen wird.

In Tab. I wurde nun versucht, einige dieser sehr wichtigen Fragen in irgendeiner Art zu bewerten. Dabei muß aber nochmals betont werden, daß solche unpräzisen Angaben wie groß, klein, gering, erträglich usw. nur subjektive Vermutungen und (solange genauere Angaben fehlen) keine objektiven Wertigkeiten sein können.

Die äußerst raffinierte Technik, mit der man sich jetzt an die günstigste Lösung heranpirscht, ist sehr beachtlich. In dieser Beziehung scheinen das AEM- und besonders auch das Percival-Verfahren sehr weit vorgedrungen zu sein.

Im übrigen scheint die kombinierte Verwendung von FM und AM jetzt wieder durchaus tragbar, nachdem man mit Hilfe eines kleinen Informationsinhalts des zweiten HF-Kanals die Gefahr eines zu großen Übersprechens auf die FM sehr vermindert hat. Es schließt sich damit der Kreis.

Aber schon in der FUNK-TECHNIK 21/1958 wurde darauf hingewiesen, daß das Problem einer weit verbreiteten Rundfunk-Stereophonie nach Lösung aller technischen Fragen nicht nur wirtschaftlich von der Senderseite, sondern besonders auch von der Empfängerseite her betrachtet werden müßte. Geht man von der bisherigen Technik zweier vollkommen getrennten Wege im NF-Verstärker aus, die mit Rücksicht auf die Schallplatten-Stereophonie auch beibehalten werden muß, dann ist an dieser Stelle bei allen Verfahren mit einer Verdoppelung der Kosten zu rechnen. Das gleiche trifft etwa ebenso für den Demodulatoranteil zu. Dazu treten noch die Aufwendungen für Trennung der HF-Kanäle und Ordnung der übertragenen Informationen, die bei den verschiedenen Verfahren erheblich voneinander abweichen können. Aber vielleicht schafft die Verwendung neuartiger Baumittel hier einen Ausgleich. Voraussagen über die Mehrkosten eines künftigen Stereo-Empfängers gegenüber einem bisherigen Empfänger sind nach Lage der Dinge kaum zu machen. Die Annahme, daß ein solches Gerät doch etwa 50 % mehr als unser jetziger Empfänger kosten wird, dürfte aber nicht allzu weit an der späteren Tatsache vorbeigehen.

Wenn noch vor wenigen Wochen als brauchbare Vorschläge für eine kommende Rundfunk-Stereophonie in erster Linie nur Verfahren mit FM-Doppelmodulation (Haupt- und Hilfsträger) zur Debatte standen, so zwingen die jetzigen neuen Lösungen jedoch zu einer Revision bisheriger Anschauungen, und zwar sowohl hinsichtlich eingehender Berücksichtigung der technischen als auch der wirtschaftlichen Probleme. Diese nüchternen Erwägungen lassen heute als Schluß zu:

1) Die technische Entwicklung der Rundfunk-Stereophonie ist zur Zeit so stark im Fluß, daß die erforderliche (möglichst internationale) Einigung auf ein bestimmtes Verfahren leider kaum sehr schnell durchführbar sein wird.

2) Es ist daher wohl in nächster Zeit auch in Deutschland mit Versuchssendungen unter Benutzung verschiedenster Verfahren, aber wahrscheinlich erst in einigen Jahren mit einer Aufnahme von normalen Rundfunk-Stereophonie-Sendungen (die nach einem Einheitsverfahren erfolgen) zu rechnen. jän.