

W. HOEG und M. WASNER

Mitteilung aus dem Rundfunk- und Fernstechnischen Zentralamt der Deutschen Post, Berlin

Der folgende Beitrag behandelt praktische Probleme des stereofonen Rundfunkempfangs. Nach einer zusammenfassenden Darstellung der Bedingungen für den nachträglichen Einbau von Stereodecodern werden das automatische Testsignal und seine Anwendung beim Abgleich von Stereodecodern erläutert. Neben einigen Bemerkungen zu den Empfangsbedingungen von Stereosendungen wird eine Orientierung über die zu fordernden Qualitätsparameter gegeben.

Hinweise für den nachträglichen Einbau von Stereodecodern

Der Deutsche Demokratische Rundfunk hat am 15. 9. 1964 auf der Ultrakurzwellen 99,7 MHz (Berliner Welle) mit der Ausstrahlung von offiziellen Stereoversuchsendungen begonnen. Diese Sendungen werden nach dem Pilotverfahren durchgeführt. In radio und fernsehen wurden in letzter Zeit mehrfach Schaltungsbeschreibungen von Stereodecodern veröffentlicht, die für den Empfang von Sendungen nach diesem Verfahren verwendet werden können.

An dieser Stelle sollen zunächst einige allgemeine Hinweise zum Einbau von Stereodecodern in vorhandene UKW-Rundfunkempfänger gegeben werden, sofern diese nicht schon vom Werk aus für einen nachträglichen Decodereinbau vorbereitet sind.

Auf die Anforderungen an einen „HF-stereotüchtigen“ Rundfunkempfänger kann hier im einzelnen nicht eingegangen werden. Genauere Erläuterungen der einzelnen Forderungen an einen stereotüchtigen UKW-Steuergerät sind in [2] und [7] zu finden.

Aus den dort angeführten Bedingungen (die übrigens zum Teil auch ein hochwertiger Monoempfänger erfüllen sollte) ist zu erkennen, daß sich nur wenige ältere Empfängertypen mit vertretbarem Aufwand für einen nachträglichen Einbau eines Decoders eignen. Gute Stereoempfangseigenschaften lassen sich nur bei sehr sorgfältigem Abgleich des Empfängers erzielen, wozu jedoch geeignete Meßgeräte erforderlich sind.

Für den Einbau des Decoders selbst sind folgende Punkte zu beachten:

1. Der Decoder muß das Multiplexsignal ohne jede Frequenzgangbeeinflussung erhalten. Das ist das komplexe Signalmisch, das die beiden Stereosignale sowie den Pilotton in codierter Form, entsprechend dem verwendeten Übertragungsverfahren, enthält [1]. Er ist deshalb vor dem Deemphasisglied des Empfängers anzuschließen, da andern-

falls der Anteil des S-Signals im Multiplex-Spektrum beim Stereoempfang unterdrückt würde, wie es z. B. in einem normalen Monoempfänger geschieht. Beim Monoempfang muß die Deemphasis jedoch noch wirksam sein, d. h. das RC-Glied darf nicht entfernt werden. Die Deemphasisglieder für die beiden Stereokanäle liegen im Ausgang des Decoders.

2. Der Ausgang des FM-Demodulators darf durch den Decodereingang nicht belastet werden. In der Regel beträgt der Eingangsscheinwiderstand einige Kiloohm; der Eingangsscheinwiderstand des Decoders muß daher um eine Größenordnung höher liegen. Für den Anschluß sind kapazitätsarme Kabel zu verwenden.

3. Um Pegelunterschiede zwischen Mono- und Stereobetrieb des Empfängers zu vermeiden, ist ein entsprechender Ausgleich vorzunehmen, damit sich bei der Umschaltung zwischen Mono- und Stereoempfang keine unterschiedlichen Klangfarben infolge der meist vorhandenen sog. „gehörrichtigen“ Lautstärke-Regelung ergeben.

4. Durch entsprechende Messungen ist sicherzustellen, daß die vom Demodulator abgegebene Spannung in dem für den jeweiligen Decodertyp zulässigen Eingangsspannungsbereich liegt, um Verzerrungen zu vermeiden bzw. ein sicheres Ansprechen der automatischen Decoderumschaltung zu gewährleisten.

5. Falls durch den HF-Teil eine Beeinflussung des NF-Frequenzganges bei den oberen Frequenzen (40...53 kHz) eintritt, kann durch die Einfügung eines Korrekturgliedes zwischen dem FM-Demodulator und dem Decoder [3] die Übersprechdämpfung verbessert werden. Dieses Korrekturglied muß an die Impedanzverhältnisse angepaßt sein.

6. Beim nachträglichen Einbau ist ferner darauf zu achten, daß der Decoder

nicht durch Röhren, Widerstände usw. stark erwärmt wird, da durch die Wärmewirkung die Pilot- und Hilfsträgerkreise verstimmt werden können, was zur Verschlechterung der Übersprechwerte führt.

7. Es ist zu gewährleisten, daß der Decoderausgang nicht durch den Eingangswiderstand des nachgeschalteten NF-Verstärkers belastet wird, da der Eingangsscheinwiderstand einer Schaltung zur physiologischen Lautstärkeregelung meist stark vom Drehwinkel des Lautstärkereglers und von der Frequenz abhängt. Ein Lautstärkepotentiometer von 1 M Ω garantiert nicht ohne weiteres einen Eingangsscheinwiderstand in der gleichen Größenordnung!

Abgleich von Stereodecodern

Automatisches Testsignal

Bei der HF-Übertragung stereofoner Rundfunkprogramme ergeben sich gegenüber der monofonen Sende- und Empfangstechnik zusätzliche Anforderungen an den Übertragungsweg, die auch meßtechnisch erfaßt bzw. überwacht werden müssen. Dazu sind neue Meß- und Prüfverfahren erforderlich.

Hierzu bietet sich die Verwendung eines nach bestimmten Gesichtspunkten zusammengesetzten Testsignals an, das, analog einem Testbild bei der Fernsehübertragung, vom Stereosender ausgestrahlt wird.

Die Vielfalt der notwendigen Kontrollen gestattet es hierbei jedoch nicht, ein stationäres Prüfsignal zu verwenden. Es ist ein aus verschiedenen Testsignalen zusammengesetztes Programm erforderlich. Dieses Programm muß sich ständig wiederholen, um den Abgleich von Stereoempfangseinrichtungen zu erleichtern. Seit dem 15. April 1965 wird vom UKW-Sender Berlin V auf der Frequenz 99,7 MHz (Berliner Welle) jeweils mittwochs in der Zeit von 14.00 bis 15.15 Uhr ein für diese Zwecke vorgesehenes Testsignal abgestrahlt, das von einem im RFZ entwickel-

Programmteil	Signalzusammensetzung						Anwendung
	linker Kanal		rechter Kanal		Phase	Dauer in s	
	Frequenz in Hz	Pegel in dB	Frequenz in Hz	Pegel in dB			
1	1000	+ 6	1000	+ 6	(X)	50	Abgleich der Pilotphase im Decoder (auf max. NF-Ausgangspegel einstellen)
2 3	400 —	+ 6 (K)	— 1000	(K) + 6		10 10	Prüfung der Seitenzuordnung
4 5	1000 —	+ 6 (K)	— 1000	(K) + 6		60 60	Messung von Pegel, nicht-lineare Verzerrungen, Übersprechen, M/S-Verhältnis
6	400	+ 6	1000	+ 6		10	Prüfung des Verhaltens bei Doppelmodulation
7	1000	+ 6	1000	+ 6	(=)	20	M-Signal (Mitteninformation), gleichzeitig kompatibles Signal
8	400	+ 6	400	+ 6	(X)	10	S-Signal (muß bei Monoempfang verschwinden)
9	—	(K)	—	(K)		30	Messung von Fremd- und Geräuschpegel sowie der Pilot-Amplitude

(K) = Kurzschluß; (=) = gleichphasig; (X) = gegenphasig (180°)

ten automatischen Testsignalgeber erzeugt wird [4] [5].

Bei der Inbetriebnahme weiterer Stereosender besteht die Möglichkeit, auch dort zu einer geeigneten Sendezeit dieses Testsignal auszustrahlen.

Anwendungsbereich

Von den vielseitigen Anwendungsmöglichkeiten des Stereotestsignals seien nur die folgenden genannt:

1. Prüfung von Empfangseinrichtungen einschließlich Decodern der Rundfunkstudios und Funksendestellen (Studio- bzw. Kontrollempfänger, Ballempfänger usw.).
2. Verwendung als Vergleichssignal für die Entwicklungs- und Produktionsstätten der Rundfunkgeräteindustrie.
3. Abgleich und Service an Stereorundfunkgeräten und Decodern in Reparaturwerkstätten und Kundendienstzentralen, die keine eigenen Multiplexgeneratoren mit FM-Sender besitzen.
4. Verwendung zur objektiven Beurteilung der Empfangsverhältnisse bei der Geräteaufstellung beim Kunden durch den Handel unter besonderer Berücksichtigung der Antennenfrage.
5. Unterstützung für technische Arbeitsgemeinschaften und Amateure im Stadium der Einführung der HF-Stereofonie.
6. Betriebsinterne Messungen und Abgleicharbeiten für die Codierungs- und Sendeeinrichtungen unter Anwendung zusätzlicher Kriterien am UKW-Sender.

Testprogramm

Die während der Testsendung ausgestrahlte Signalfolge, deren gegenwärtig gewählte Zusammensetzung obenstehender Tabelle entnommen werden kann, wiederholt sich automatisch. Das Testsignal wurde besonders im Hinblick auf den Abgleich bzw. die Kontrolle von Stereodecodern, die nach dem z. Z. in der DDR verwendeten Pilotverfahren arbeiten, zusammengestellt.

Bedeutung und Anwendung der Testsignale beim Abgleich von Stereodecodern

Abgleich bzw. Kontrolle der Phasenlage des Pilottones bzw. des im Decoder zurückgewonnenen Hilfsträgers (Programmteil 1)

Beide Kanäle werden gegenphasig mit 1000 Hz moduliert. Das Maximum der Ausgangsspannung in einem der beiden Kanäle am Ausgang des Decoders ist ein Kriterium für die richtige Einstellung der Pilotphase bzw. die richtige Phasenlage des im Decoder zurückgewonnenen Hilfsträgers.

Die Phasengleichheit der Hilfsträger- bzw. Pilotfrequenzen von Coder und Decoder ist Voraussetzung für eine optimale Übersprechdämpfung zwischen den beiden NF-Kanälen. Ein Phasenunterschied der Pilotöne von 45° bewirkt bereits den völligen Verlust der Übersprechdämpfung, eine Phasendifferenz von 90° eine Seitenvertauschung bei der Wiedergabe.

Mit Hilfe dieses Verfahrens ist es möglich, durch eine Spannungsmessung am Ausgang des Empfänger-NF-Teils den Abgleich der Pilotphase vorzunehmen. Durch die Vollaussteuerung beider Kanäle steht für die Messung eine relativ große NF-Spannung zur Verfügung, so daß auch weniger empfindliche Meßgeräte verwendet werden können.

Kontrolle der Seitenrichtigkeit (Programmteile 2 und 3)

In den Programmteilen 2 und 3 werden nacheinander der linke Kanal mit 400 Hz und der rechte Kanal mit 1000 Hz moduliert, wobei der jeweils nicht belegte Kanal kurzgeschlossen ist. Die Aussteuerung erfolgt mit Vollpegel. Dabei ist die niedrigere Frequenz dem Kanal 1 – links – und die höhere Frequenz dem Kanal 2 – rechts – zugeordnet. Auf diese Weise ist eine schnelle Überprüfung der Stereoempfangsanlage auf Seitenrichtigkeit möglich. Von besonderer Bedeutung ist diese Kontrolle bei Neuaufstellung, Reparatur bzw. Nachgleich eines Stereoempfängers.

Messung der NF-Parameter (Programmteile 4 und 5)

In diesem Programmteil werden nacheinander beide Kanäle mit dem Bezugspegel 1000 Hz belegt, wobei wiederum der jeweils nicht benutzte Kanal kurzgeschlossen ist.

Empfangsseitig dienen diese Programme zum Messen bzw. Einstellen des Bezugspegels (Vollaussteuerung) im Nutzkanal. Ferner ist die Messung der nichtlinearen Verzerrungen im Nutzkanal möglich. Im jeweils nichtmodulierten Kanal kann das Übersprechen – bei geeigneten Meßgeräten getrennt nach linearem und nicht-linearem Anteil – gemessen werden. Mit den je nach dem verwendeten Decodertyp vorhandenen Abgleichreglern für das M/S-Verhältnis, die Übersprechkompensation usw., kann das Übersprechen auf ein Minimum eingestellt werden. Bei der Messung ist jedoch zu beachten, daß bei einem nichtselektivem Verfahren die Meßwerte durch den noch im NF-Ausgangssignal enthaltenen Pilottonanteil und seine Harmonischen verfälscht werden können. Es ist daher bei breitbandigen Meßgeräten ein Tiefpaß [9] vorzuschalten, der den 19-kHz-Pilotton und seine Oberwellen unterdrückt. Erfolgt in Ausnahmefällen der Abgleich des Übersprechens ohne Meßgeräte, so ist auf Tonminimum im signalfreien Kanal abzugleichen.

Verhalten der Empfangseinrichtung bei Doppelmodulation (Programmteil 6)

Dieser Programmteil dient einer kurzen Überprüfung bei gleichzeitiger Belegung der beiden Kanäle mit unterschiedlicher Modulation (links 400 Hz, rechts 1000 Hz), wobei das Kreuzmodulationsverhalten (Bildung von Kombinationstönen) beurteilt werden kann.

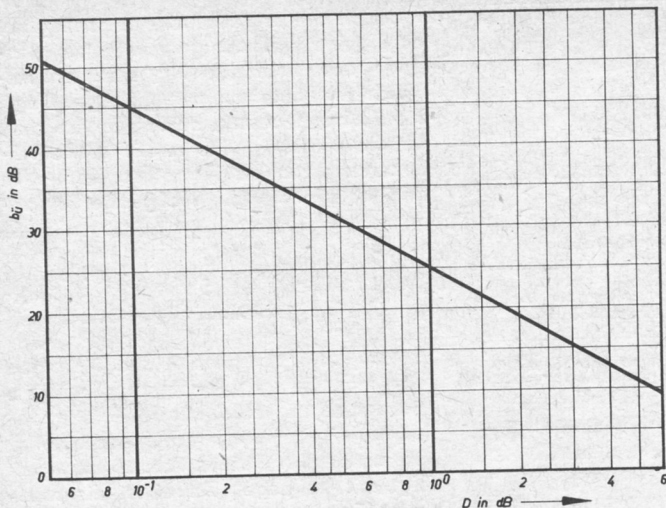


Bild 1: Abhängigkeit der Übersprechdämpfung (b_u) von der Pegeldifferenz (D) zwischen M und S

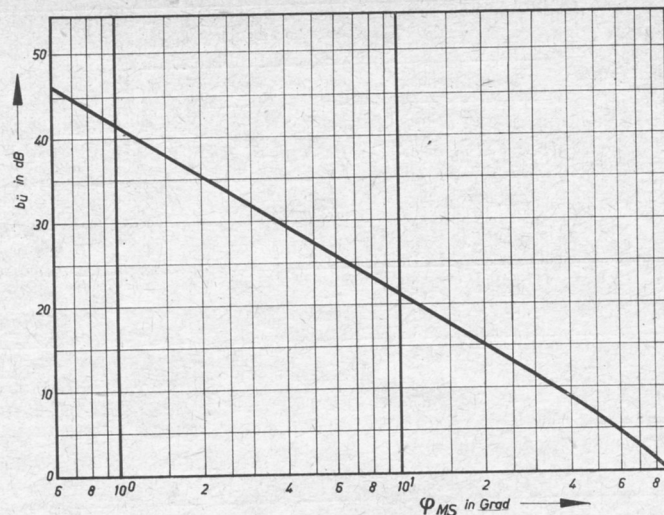


Bild 2: Abhängigkeit der Übersprechdämpfung (b_u) von der Phasendifferenz (φ_{MS}) zwischen M und S

Zu starken Kombinationstönen kommt es u. a. bei hohen Verzerrungen im Übertragungssystem.

Prüfung hinsichtlich Phasenrichtigkeit beider Kanäle (Programmteil 7 und 8)

Im Teil 7 werden beide Kanäle mit 1000 Hz gleichphasig gespeist (M-Signal). Die Gleichphasigkeit des Stereosignals kann an den NF-Ausgängen der Empfangsanlage, z. B. mit Hilfe oszillografischer Methoden, kontrolliert werden. Gleichzeitig läßt sich der Phasenunterschied zwischen dem linken und rechten Kanal messen. Eine weitere Bedeutung hat dieses Signal für die Einstellung gleicher Ausgangspegel für Stereo- und Monobetrieb der Empfangsanlage, da das M-Signal etwa dem Hub des Senders bei Vollaussteuerung im Monobetrieb entspricht. Hierbei ist der Anteil des Pilottones bei Stereobetrieb nicht berücksichtigt. Der Unterschied beträgt jedoch nur etwa 1 dB, d. h. ein Monoempfänger gibt dieses Signal (kompatibles Signal) mit etwa 1 dB unter dem Pegel wieder, der bei einer reinen Monosendung bei Vollaussteuerung erhalten wird.

Zur Kontrolle werden im Teil 8 beide Kanäle gegenphasig mit 400 Hz eingespeist. Es entsteht dadurch ein reines S-Signal, das bei Monobetrieb des Empfängers unterdrückt bzw. stark gedämpft wird. Die Größe der Auslöschung dieses Signals ist abhängig von den HF-Eigenschaften des Empfängers (ZF-Bandbreite, Verzerrungen, Abstimmung usw.) sowie der Antennenanlage (Mehrwegeempfang – Reflexionen).

Messung des Störpegels (Programmteil 9)

Während dieses Programmteils erfolgt lediglich die Abstrahlung des Pilottones mit seinem Betriebshub entsprechend der Norm. Dabei kann eine Messung des Störpegels unter Einschaltung eines Filters [9]

für den Pilotton und seine Harmonischen durchgeführt werden. Gleichzeitig kann der Empfang hinsichtlich Störungen, die von Gleich- oder Nachbarkanalendern herrühren, beurteilt werden. Es lassen sich ferner Kontrollen und Abgleicharbeiten im Pilot- und Hilfsträgerkanal des Decoders und die Einstellung der Umschaltautomatik durchführen.

Abgleichvorgang

Im folgenden wird noch einmal zusammenfassend auf die zweckmäßigste Reihenfolge beim Abgleich eines Decoders hingewiesen. Vorausgesetzt wird hierbei, daß der Decoder funktionsmäßig in Ordnung ist und die Pilot- und Hilfsträgerkreise vorabgeglichen sind.

1. Zunächst erfolgt die Einstellung der Pilotphase nach Programmteil 1, in dem die Kreise des Pilot- und Hilfsträgerkanals auf maximale Ausgangsspannung an einem NF-Ausgang des Empfängers (Lautsprecherbuchsen) abgestimmt werden.
2. Danach wird mit Hilfe der Programmteile 2 und 3 überprüft, ob die richtige Seitenzuordnung noch vorhanden ist. Sollte eine Seitenvertauschung vorliegen, kann bereits eine 90°-Phasendrehung im Pilotkanal eingetreten sein, die durch Nachstimmen der Pilot- bzw. Hilfsträgerkreise während des Programmteils 1 korrigiert werden muß.
3. Während der Programmteile 4 und 5 wird mit Hilfe der je nach Decodertyp vorhandenen Abgleichregler für das M/S-Verhältnis das Übersprechen auf ein Minimum eingestellt. Gegebenenfalls kann durch nochmaliges geringfügiges Nachstellen der Pilotphase (Nachstimmen eines Kreises im Pilot- oder Hilfsträgerkanal) eine größere Übersprechdämpfung erreicht werden. Mit diesen Programmteilen werden ebenfalls die Ausgangsspannungen der

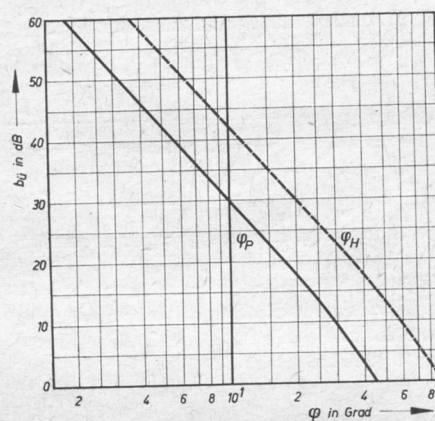


Bild 3: Abhängigkeit der Übersprechdämpfung (b_u) von der Phasenverschiebung des regenerierten Hilfsträgers (φ_H) bzw. des Pilottones ($\varphi_P = \varphi_H/2$)

beiden Kanäle und damit die Balance (Pegelgleichgewicht) eingestellt.

Weitere Prüfungen sind nach den vorstehenden Anwendungshinweisen für das Testsignal durchzuführen.

Der Einfluß von Pegel- und Phasenverschiebungen im M/S-Signal

Zum besseren Verständnis der Bedingungen für den Abgleich des Empfängers bzw. Decoders sollen noch einmal die beiden wichtigsten Signalveränderungen des Multiplexsignals betrachtet werden, die zu einer Verschlechterung der Übertragungsqualität beim Stereoempfang führen können.

Zur Erreichung einer optimalen Übersprechdämpfung zwischen den beiden Stereokanälen X und Y ist es erforderlich, daß das Amplitudenverhältnis zwischen M- und S-Signal (M/S-Verhältnis) über die gesamte Übertragungstrecke, also bis zum Ausgang des Empfangsdemodulators, erhalten bleibt [6].

Fortsetzung von Seite 136

Hierbei bedeuten:

X = linkes Stereosignal

Y = rechtes Stereosignal

Durch Matrizierung (Summen- und Differenzbildung) erhält man

$M = X + Y$ (Summensignal,
kompatibles Monosignal)

$S = X - Y$ (Differenzsignal)

Wird infolge zu geringer HF-Bandbreite oder anderer ungünstiger Übertragungseigenschaften dieses Verhältnis verändert, so verschlechtert sich auch die Übersprechdämpfung. Die Abhängigkeit der Übersprechdämpfung b_{ii} von der Pegeldiffe-

renz D zwischen M- und S-Signal kann aus Bild 1 entnommen werden.

Einen ähnlichen Einfluß auf die Übersprechdämpfung hat eine Phasendifferenz zwischen der im Stereodecoder für die Herstellung des Multiplexsignales verwendeten Hilfsträgerfrequenz und des im Decoder mit Hilfe des Pilottones zurückgewonnenen Hilfsträgers, die sich ähnlich wie eine Phasendifferenz zwischen M- und S-Signal auswirkt.

Die Bilder 2 und 3 zeigen die Abhängigkeit der Übersprechdämpfung von der Phasendifferenz. Daraus ist ersichtlich, daß der Abgleich der Pilotphase im Decoder sehr sorgfältig vorgenommen werden muß, um eine ausreichende Übersprechdämpfung zu erreichen.

radio un

W. HOEG und M. WASNER

Mitteilung aus dem Rundfunk- und Fernsehtechnischen Zentralamt der Deutschen Post, Berlin

Oszillografische Kontrolle des Multiplexsignales

Mit Hilfe eines Oszillografen ist es möglich, eine Kontrolle des M/S-Verhältnisses am Ausgang des Stereo-Rundfunkempfängers durchzuführen. Der Oszillograf wird hierbei am Eingang des Decoders angeschlossen. Bei der Belegung mit nur einem Kanal während des Testsignals (z. B. Programmteile 4 oder 5) ergibt sich bei einwandfreier Übertragung durch den Empfänger das Oszillogramm nach Bild 4 und bei gestörtem M/S-Verhältnis nach Bild 5.

$S < M$ wird z. B. durch den Abfall der Frequenzen im Bereich des S-Signals (23 kHz ··· 53 kHz) hervorgerufen.

$S > M$ ergibt sich bei Anhebung des S-Kanals gegenüber dem M-Signal.

Bei großen Verschiebungen des M/S-Verhältnisses läßt sich auch eine quantitative Auswertung des Oszillogramms vornehmen (Bild 6).

Die hieraus resultierende Übersprechdämpfung läßt sich aus

$$b_{\text{Ü}} = 20 \lg A/B \text{ in dB}$$

berechnen.

Ist zusätzlich zu einer Pegelverschiebung zwischen M und S noch eine Phasenverschiebung vorhanden (z. B. infolge einer Laufzeitdifferenz im ZF-Verstärker), so ergibt sich ein Oszillogramm nach Bild 7. Bei allen Zeitfunktionen (Bilder 4 bis 7) wurde im Interesse einer besseren Über-

sichtlichkeit die Darstellung des Pilottones weggelassen. Bild 8 zeigt deshalb noch ein Originaloszillogramm mit Pilotton.

Bemerkungen zu den Empfangsbedingungen von Stereosendungen

Reichweite

Der Empfang eines Stereoprogrammes mit einem herkömmlichen Monoempfänger, d. h. also Empfang des kompatiblen Signals, verschlechtert sich gegenüber dem normalen Monoempfang nur unwesentlich, da der Pegelverlust bei vollausgesteuertem M-(Mitten-)Signal nur etwa 1 dB beträgt (Hubanteil des Pilottones 10%).

Der Ortsempfang von Stereosendungen ist relativ unproblematisch, vorausgesetzt, daß eine geeignete Antennenanlage vorhanden ist.

Bei Fernempfang eines Stereosenders tritt jedoch eine spürbare Verschlechterung des Störabstandes ein. Man muß damit rechnen, daß für einen einwandfreien Empfang eine um etwa 20 dB (10fach) höhere Antennenspannung als beim Monoempfang des gleichen Senders benötigt wird.

Der Grund hierfür liegt u. a. darin, daß durch die Erhöhung der Übertragungsbandbreite von 15 kHz (Mono) auf 53 kHz (Stereo) auch das Rauschen, dessen Spektrum einen Amplitudenanstieg von

6 dB je Oktave aufweist, stärker in Erscheinung tritt. Das bedeutet praktisch, daß über einen Decoder abgehörte Sendungen bei ungenügender Antennenspannung wesentlich stärker verrauscht sein können als bei normalem Monoempfang unter sonst gleichen Bedingungen.

Diese Erscheinungen führen dazu, daß man trotz einwandfreiem Monoempfang von Stereosendungen dennoch nur unbefriedigende Ergebnisse beim Stereoempfang erzielen kann. Eine überschlägige Abschätzung der Empfangsverhältnisse bei Stereosendungen kann man schon

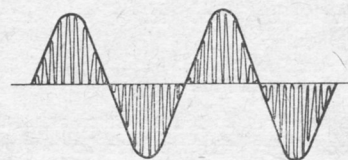


Bild 4: Zeitfunktion des Multiplexsignales (ohne Pilotton) bei einwandfreier Übertragung (nur X- bzw. Y-Kanal moduliert)

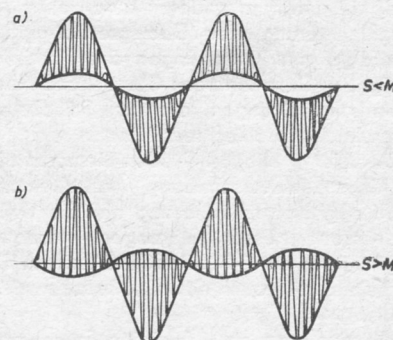


Bild 5: Zeitfunktion des Multiplexsignales (ohne Pilotton) bei gestörtem M/S-Verhältnis, a) $S < M$, b) $S > M$

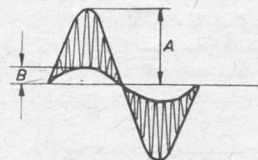


Bild 6: Bestimmung des Übersprechens aus dem Oszillogramm

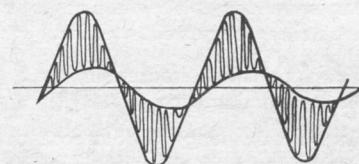


Bild 7: Zeitfunktion des Multiplexsignales (ohne Pilotton) bei gestörtem M/S-Verhältnis ($S < M$) und Phasenverschiebung zwischen M und S

Fortsetzung von Seite 184

Literatur

- [1] Schwartz, S.: Das Zuverlässigkeitskonzept bei elektronischen Bauelementen. Valvo-Berichte X, H. 1/2
- [2] Dorochevsky, J.: Die Zuverlässigkeit von Halbleiterbauelementen. radio mentor 30 (1964), H. 5, S. 389-392
- [3] Hagemeister, H. W.: Neuere Ergebnisse von Zuverlässigkeitsprüfungen an Transistoren. NTZ 17 (1964), H. 1, S. 7-10
- [4] Reimer, H.: Dissertation, Ilmenau, 1964
- [5] Mars, G. d.: Semiconductor products, April 1959, S. 24
- [6] Groschwitz, E., Ehardt, R.: Zur Theorie der Inversionsschichten an Halbleiteroberflächen. Z. f. angew. Physik XI (1959), H. 1, S. 9
- [7] Groschwitz, E., Ehardt, R.: Zur Theorie der Oberflächenströme an Halbleiteroberfläche. Z. f. angew. Physik XI (1959), H. 8, S. 296
- [8] Litorcenko, V. G., Ljasenke, V. J.: fizika tverdogo tela 5 (1963), H. 11, S. 3207
- [9] Litorcenko, V. G., Suitko, O. V.: fizika tverdogo tela 2 (1960), H. 4, S. 591
- [10] Kitchi Komatsubara: J. Phys. Soc., Japan, 17 (1962), H. 1, S. 62
- [11] Allan, F. G., Gobel, G. W.: Phys. Rev. 127 (1952), H. 1, S. 150
- [12] McKay, K. G.: Phys. Rev. 94 (1964), H. 4, S. 877
- [13] Chynoweth, A. G., Pearson, G. L.: Effect of Distortions on Breakdown in Silicon pn Junctions. J. Appl. Phys. 29 (1958), H. 7, S. 1103
- [14] Batdorf, R. K., u. a.: Uniform Silicon pn Junctions. I Broad Area Breakdown. J. Appl. Phys. 31 (1960), H. 7, S. 1153
- [15] Chynoweth, A. G.: Uniform Silicon pn Junctions. II Ionization Rates for Electrons. J. Appl. Phys. 31 (1960), H. 7, S. 1161
- [16] Haitz, R. H., u. a.: Avalanche Effects in Silicon pn Junctions. I. Localized Photomultiplication Studies in Microplasmas. J. Appl. Phys. 34 (1963), H. 6, S. 1581
- [17] Goetzberger, A.: Avalanche Effects in Silicon pn Junctions. II Structurally Perfect Junctions. J. Appl. Phys. 34 (1963), H. 6, S. 1591
- [18] Haitz, R. H., Goetzberger, A.: Avalanche noise study in microplasmas and uniform junctions. Sol. State Electronics (1963), S. 678
- [19] Haitz, R. H.: J. Appl. Phys. 35 (1964), H. 5, S. 1370
- [20] Lagowski, J.: phys stat sol. 5 (1964), S. 555
- [21] Kocsis, M.: Einfluß der volumetrischen Inhomogenitäten (Strukturfehler) auf die Zuverlässigkeit von Halbleiterbauelementen. Symposium über Zuverlässigkeit in der Elektronik, Budapest, 1964
- [22] Pina, B.: Zusammenhang des Sperrverhaltens von pn-Übergängen mit dem Verlauf der Strom-Spannungs-Kennlinien. Internationale Halbleitertagung, Prag, 1964
- [23] Kemény, A.: Einfluß der strukturellen Inhomogenität des pn-Übergangs auf den Lawinendurchbruch. Symposium über Zuverlässigkeit in der Elektronik, Budapest, 1964
- [24] Giber, G.: Über die physikalisch-chemische Abfassung der Zuverlässigkeitsprobleme von Halbleiterbauelementen. Symposium über Zuverlässigkeit in der Elektronik, Budapest, 1964

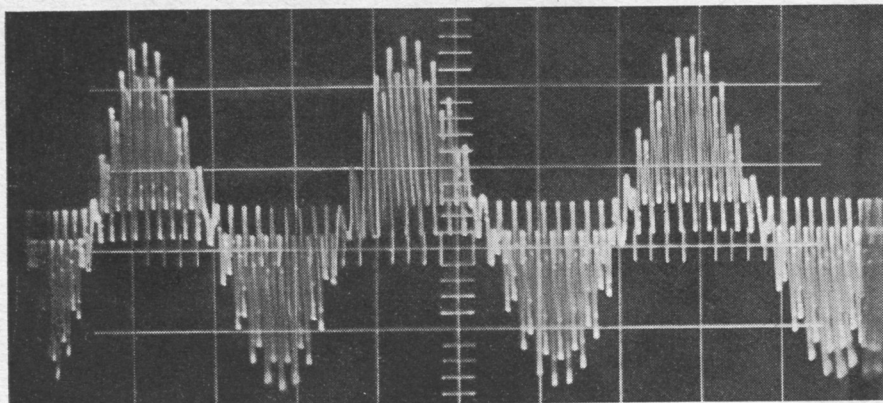


Bild 8: Zeitfunktion des Multiplexsignals (mit Pilotton), entsprechend Bild 4

durch das Abhören von Monosendungen mittels eines Decoders, der nach dem Prinzip des freischwingenden Oszillators im Pilotkanal arbeitet, vornehmen. Ergänzend muß noch erwähnt werden, daß sich beim Stereoempfang auch Zündfunken usw. störender bemerkbar machen.

Empfangsantenne

Neben den Empfangsverschlechterungen durch Reichweitenverluste kann auch ein sogenannter Mehrwegeempfang (Reflexionen) zu Störungen des empfangenen Stereosignals führen. Dies äußert sich einmal durch nichtlineare Verzerrungen sowohl im Nutz- wie auch im Übersprechsignal und zum anderen durch eine Verschlechterung der Übersprechdämpfung infolge von Verzerrungen des Multiplexsignals. Dazu kommen Gleich- und Nachbarkanalstörungen, die den Störabstand merklich verschlechtern können.

Decoder mit 4-Dioden-Demodulation (Ringmodulatorschaltung) verhalten sich im allgemeinen in bezug auf die Unterdrückung dieser Störungen wesentlich günstiger als 2-Dioden-Schaltungen. Das gleiche gilt auch für die Rauschverhältnisse.

Hieraus ergeben sich einige Forderungen an die Empfangsantenne.

1. Je nach der Senderentfernung ist eine gut ausgerichtete Antenne mit entsprechend hohem Gewinn zu verwenden. Große Rückwärtsdämpfung und gute Bündelung verringern Gleich- und Nachbarkanalstörungen.
2. Der Aufstellungsort ist so zu wählen, daß der Empfang starker Reflexionen vermieden wird.
3. Für die Antennenableitung sollte in Gebieten mit starkem Störnebel Koaxialkabel verwendet werden.
4. Im Falle einer zu hohen Antennenspannung kann eine günstige Eingangsspannung mit Hilfe eines Spannungsteilers eingestellt werden.

Aufzeichnung von Stereosendungen mit Magnetbandanlagen

Bei der Aufzeichnung von Stereosendungen kann es zu stark störenden Pfeiftönen kommen. Die Ursache liegt in einer Interferenz zwischen der Vormagnetisierungsfrequenz (je nach Gerät 50 kHz bis

100 kHz) und den Oberwellen des Pilottones bzw. der Hilfsträgerfrequenz, die trotz der Deemphasis im Decoder bis zum NF-Ausgang und damit zum Eingang des Magnetongerätes gelangen können. Die nachstehende Beziehung gibt einen Anhaltspunkt für die zu erwartenden Störfrequenzen

$$f_{ST} = (f_v \pm n \cdot f_p)$$

Hierbei ist

f_{ST} die entstehende Störfrequenz,
 f_v die Vormagnetisierungsfrequenz,
 f_p die Pilotfrequenz (19 kHz) und
 $n = 1, 2, 3 \dots$

Abhilfe schaffen in diesem Fall Tiefpässe mit einem Durchlaßbereich bis zu 15 kHz oder Sperrkreise für die störende Frequenz ($n \cdot 19$ kHz) in beiden NF-Ausgängen des Decoders bzw. NF-Verstärkers. Die erforderliche Dämpfung ist abhängig von der Schaltung des Decoders (Anteil der Pilot- bzw. Hilfsträgerfrequenz und ihrer Oberwellen im NF-Ausgangssignal) und der Empfindlichkeit des Magnettonverstärkers gegenüber solchen hochfrequenten Störungen.

Qualitätsparameter für hochwertige Stereoübertragungen

Der Vergleich mit den subjektiven Grenzwerten (die von geübten Hörern gerade noch wahrgenommen werden) zeigt, daß hohe Anforderungen an eine wirklich einwandfreie Übertragung gestellt werden. Diese lassen sich in der Praxis nur schwer realisieren, da zu den Toleranzen der Empfangseinrichtung auch noch die Abweichungen aller übrigen Glieder des Übertragungsweges – wie Übertragungs- und Magnetbandeinrichtungen im Funkhaus, Übertragungsweg zum UKW-Sender, Coder und Sender usw. – hinzukommen, die sich praktisch alle addieren können.

Eine Orientierung über die für hochwertige Übertragungsqualität zu fordernden Toleranzen für die technischen Parameter einer Stereoempfangsanlage (Heimstudioqualität) soll die folgende Tabelle geben.

Die für das Empfangsgerät angegebenen Werte verstehen sich „über alles“, also einschließlich HF-Teil und Decoder bei Verwendung geeigneter Meßcoder und Meßsender.

Toleranzen für die technischen Parameter einer Stereoempfangsanlage

	Heim-anlage	subjektiver Grenzwert
Frequenzgangtoleranzen in dB		
im mittleren Frequenzbereich von 125...10 000 Hz Abweichung gegenüber 1000 Hz	± 2	± 1,5
an den Grenzen des Übertragungsbereiches bei 40 Hz und 15 kHz Abweichung gegenüber 1000 Hz	± 3	± 3,0
Pegeldifferenz bei 1000 Hz zwischen beiden Kanälen in dB	1	1
nichtlineare Verzerrungen von 1000...5000 Hz in %	2	0,5
Fremdspannungsabstand in dB	55	60
Übersprechdämpfung in dB		
im mittleren Frequenzbereich	25 ¹⁾	26
an den Grenzen des Übertragungsbereiches	15	18
Phasendifferenz in °		
im mittleren Frequenzbereich von 250...4000 Hz	20	45
an den Grenzen des Übertragungsbereiches	30	90

¹⁾ mit guten Decodern [3] ist zur Zeit durchaus ein Wert von > 30 dB zu erreichen.

Literatur

- [1] Funk, S.: Übersicht über die verschiedenen hochfrequenten Stereophonieverfahren und eine Gegenüberstellung ihrer Vor- und Nachteile. Techn. Mitteilungen des BRF 5 (1961), H. 4, S. 178–189
- [2] Schumann, G.: Der UKW-Stereosteuerer von Rundfunkempfängern. radio und fernsehen 14 (1965), H. 17, S. 518–522
- [3] Hannawald, R.: Der Stereodecoder St D 4 (Teil 2 und Schluß). radio und fernsehen, 14 (1965), H. 13, S. 408–410
- [4] Steinke, G.: Neuentwicklungen für die Rundfunkstereofonie (Teil 2). radio und fernsehen, 13 (1964), H. 17, S. 515–518
- [5] Hoeg, W. und Wasner, M.: Automatisches Testsignal für die Hochfrequenz-Stereotechnik Rundfunk und Fernsehen. Zeitschrift der Internationalen Rundfunk- und Fernsehorganisation (OIRT), Prag (in Vorbereitung)
- [6] Hoeg, W. und Arnold, P.: Zur Frage der Auswirkung von Pegel- und Phasendifferenzen zwischen zwei Stereokanälen. Techn. Mitteilungen des RFZ 7 (1963), H. 4, S. 171–177
- [7] Florin, H.: Dimensionierungshinweise für stereotüchtige ZF-Verstärker. radio und fernsehen 14 (1965), H. 11, S. 332–334 u. 339
- [8] Prestin, U.: Praxis des Stereo-Decoder-Service. Verlag für Radio-Foto-Kinotechnik, Berlin-Borsigwalde 1965
- [9] Hannawald, R.: Einfacher Tiefpaß zur Messung der Übersprechdämpfung an Stereodecodern. radio und fernsehen 14 (1965), H. 24, S. 765–766