

Zur Frage der Verwirklichung von Stereophonie und „High-Fidelity“ im Studiobetrieb und beim Rundfunkhörer¹⁾

Teil 1

Dipl.-Ing. G. STEINKE

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

Die gewählte Überschrift soll nicht ausdrücken, daß es sich hier etwa um zwei nicht zusammengehörige Begriffe handelt, die vielleicht gar im Widerspruch zueinander stünden. Die in letzter Zeit vielfach diskutierten Standardisierungsvorschläge über „High-Fidelity“-Geräte („Hi-Fi“), die teilweise die Stereophonie noch nicht berücksichtigen, andererseits solche oft gebrauchten Formulierungen wie „naturgetreue Wiedergabe“ lassen es jedoch für zweckmäßig erscheinen, den Zusammenhang der beiden Begriffe erneut zu untersuchen.

Dabei sollen die Forderungen an „Hi-Fi“ den Studiobedingungen gegenübergestellt werden, da über die letzteren teilweise noch unklare Vorstellungen, meist unterschätzende, existieren und gegenwärtig auch noch keine internationalen Vereinbarungen über einheitlich einzuhaltende Werte bestehen.

Im folgenden sei von den Definitionen der Begriffe ausgegangen.

Der Beitrag untersucht die Zusammenhänge zwischen Stereophonie und High-Fidelity (Heimstudioqualität).

Da es gegenwärtig keine international verbindlichen Festlegungen für die Grenzwerte und Toleranzen der wichtigsten Parameter bei der stereophonen Rundfunkübertragung gibt, werden verschiedene Vorschläge und Untersuchungsergebnisse von OIRT, EBU und von verschiedenen Institutionen zusammengefaßt und den gegenwärtig existierenden Normvorschlägen zur Heimstudioqualität gegenübergestellt. Die Tabellen weisen auf die außerordentlichen Schwierigkeiten hin, die bei Rundfunk und Hörer noch die Verwirklichung einer hochqualitativen Stereoübertragung behindern.

Was verstehen wir zunächst unter „Stereophonie“?

Die allgemeine Definition der OIRT für „Stereophonie“ lautet:

„mehrkanales Übertragungsverfahren von Schallereignissen, gekennzeichnet durch die zusätzliche Abbildung von Richtungsinformationen.“

Aus ökonomischen Gründen müssen sich Rundfunk- und Schallplattenorganisationen, die ein solches Verfahren anwenden, mit Rücksicht auf den Hörer auf zwei Kanäle beschränken, was der maximal erreichbaren Übertragungsqualität von vornherein eine Grenze setzt, so daß lediglich ein technischer Kompromiß realisiert werden kann. Die Bezeichnung „naturgetreu“ muß daher vermieden werden.

Der Kompromiß der Zahl der Kanäle führt zu dem größten Nachteil des Verfahrens, nämlich zu einer gewissen Platzgebundenheit in bezug auf die Mittelachse zwischen

den beiden Wiedergabeeinrichtungen. Es sind genügend historische Experimente bekannt geworden, wie mit zunehmender Zahl der Kanäle die stereophone Verteilung von Schallquellen auf einer Wiedergabebasis verbessert wird; dennoch sind unter Verwendung von lediglich zwei Kanälen ganz beachtliche Aufnahmeverfahren entwickelt worden, die der Hörerwartung entsprechende stereophone Auflösung, Bewegung der Schallquellen, hohe Durchsichtigkeit und angemessene Raumwirkung vermitteln können.

Was heißt „Hi-Fi“ – High-Fidelity?

Eine mögliche Übersetzung ist „hohe (höchste) Wiedergabetreue“ – und man meint, auf Grund der Vorgeschichte des Begriffes, der sich ursprünglich nur auf Schallplattenwiedergabe bezog, dabei allgemein nur die Wiedergabetreue einer

¹⁾ Vorgetragen am 11. Mai 1966 vor dem Finnischen Schalltechnischen Verein, Helsinki

Einrichtung auf der Empfangsseite, also beim Hörer.

Da sich diese Wiedergabeteue eigentlich nur auf die durch die Kompromisse des gewählten Übertragungsverfahrens begrenzte erreichbare Aufnahmequalität der Studioanlagentechnik beziehen kann, ergibt sich damit schon als erste Feststellung, daß die Verwendung der Bezeichnung „naturgetreu“ in diesem Zusammenhang gar nicht opportun ist.

Die Wiedergabe auf der Empfangsseite beim Hörer kann nicht besser als die im Funkhausregieraum bzw. im Schallplattenstudio realisierbare sein.

Zur Definition von „Hi-Fi“ scheint daher die Interpretation „Heimstudioqualität“ besser geeignet zu sein. Das heißt, Hi-Fi ist Studioqualität, angepaßt an die Wohnraumbedingungen (z. B. infolge kleineren Volumens auch kleinere Leistung von Abhöreinrichtungen, d. h. -verstärker und -lautsprecher). Hi-Fi-Anlagen besitzen vorzugsweise ein asymmetrisches System der Einzelgeräte. Die vielen Eingangs- und Ausgangsübertrager, die im Studio z. Z. noch auf Grund der notwendigen Zusammenschaltung vieler Einzelgeräte und Gerätegruppen erforderlich werden, können dort erst mit Einführung der Transistortechnik verringert werden [1].

Eine zweite Feststellung ergibt sich aber parallel dazu. „Höchste Wiedergabeteue“ ist nur für das jeweils geltende Klangideal zu erreichen. Die Zielsetzung der Studioqualität wurde zwar hier noch nicht diskutiert, dennoch ist bereits damit erkennbar, daß das monofone Klangbild schon gar nicht mehr den Anspruch auf höchste Wiedergabeteue befriedigen kann, seitdem ein zweikanaliges Übertragungsverfahren eingeführt worden ist, das gestattet, wesentlich mehr Parameter eines Schallereignisses zu übertragen, als es in einkanaliger Technik möglich war. Nun sind zwar eine Reihe von pseudostereofonen Verfahren bekannt geworden, die eine monofone Aufnahme bzw. Übertragung bzw. Sendung in eine scheinbar stereofone zu verwandeln gestatten, jedoch wäre bei Einführung auf der Empfangsseite der Aufwand zur Erfüllung einer befriedigenden Hörerwartung zu hoch. Es kann als allgemeine Forderung angesehen werden, daß aufwendige Nachbearbeitungen immer auf seiten des Studios liegen müssen.

Spricht man bei Geräten für monofone Wiedergabe von „Hi-Fi“-Tüchtigkeit, so müßte vorausgesetzt werden können, daß alle Parameter dieser Geräte auch für Stereotechnik anwendbar sind, damit man sie später durch Ergänzung von Baugruppen zu zweikanaligen Anlagen nachrüsten kann. Nachdem im vorhergehenden die Eigenschaft „naturgetreu“ immer ausgeklammert wurde, erhebt sich aber dennoch die Frage:

Ist eine naturgetreue Wiedergabe wünschenswert und erreichbar?

Schon ein flüchtiger Blick auf Rundfunkprogramme bzw. Schallplattenrepertoires zeigt, wie fragwürdig eine allgemeine Forderung nach „naturgetreuer Übertragung“ wird. Ein Tanzorchester bzw. ein

modernes Unterhaltungsorchester enttäuscht oft, wenn man bei einer Originalaufführung zugegen ist. Offenbar bezieht sich hier die Hörerwartung bereits auf die gewohnte Schallkonserve mit technischen Raffinessen, auf sog. „Effektmusik“ – der „natürliche“ Klang wird weder erwartet noch angestrebt. Beim Hörspiel überwiegen dramaturgisch-ästhetische Gesichtspunkte gegenüber naturalistischen, viele andere Genres müssen ebenfalls ausscheiden.

Es verbleibt offenbar nur der Bereich der im Sprachgebrauch der Rundfunk- und Schallplattenmitarbeiter als „ernste Musik“ (E-Musik) klassifizierten Musikategorie, bei der man vielleicht von erwünschter Naturtreue reden könnte.

In Abwandlung der von Kösters [2] gefundenen, schon geradezu klassischen Formulierung sollte es als Aufgabe einer Übertragung angesehen werden, daß für den Hörer eine bestmögliche Imagination des jeweiligen Schallereignisses erreicht wird. In ihren Grenzfällen ist der Hörer entweder an den Ort des Geschehens, also in das Studio (z. B. bei Konzertübertragungen), oder das Schallereignis in den Wohnraum (z. B. bei Nachrichten, Kommentaren, Vorträgen usw.) zu versetzen. Im ersten Fall hat der Hörer den Wunsch, sich in die klangliche Umwelt des Ursprungsortes unmittelbar mit einbezogen zu fühlen, d. h., er möchte das Gefühl haben, im Saal selbst anwesend zu sein. Im zweiten Fall möchte sich der Hörer in seinem Wohnraum aus einer mehr oder weniger begrenzten Richtung direkt angesprochen fühlen.

Von L. Keibs [3] [4] wurden einmal die objektiven und subjektiven [5] Parameter der Übertragungstechnik zusammengestellt, dabei wurden sie speziell um den Begriff der „Hörperspektive“ nach Fletcher [6] erweitert.

Dieser Begriff kennzeichnet im wesentlichen die Forderung an das stereofone Übertragungsverfahren, die sich Rundfunk- und Schallplattenorganisationen stellen müssen, damit die gegenwärtig bestehende Hörerwartung, die sich auf Grund künstlerischer, ästhetischer, sozialer Forderungen und des technischen Standes der Elektroakustik und Übertragungstechnik gebildet hat, erfüllt werden kann.

Die Hörperspektive läßt sich in folgende drei Teilparameter aufgliedern (nach [9]):

- a) den Hörwinkel – d. h. den Öffnungswinkel, unter dem das fiktive Schallbild dem Hörer erscheint;
- b) die stereofone Auflösung, der „Stereeindruck“, in seiner Wirkung dadurch gekennzeichnet, dem Hörer die Imagination zu vermitteln, die Teilschallquellen innerhalb des vom fiktiven Schallbild eingenommenen Raumes bzw. innerhalb des Hörwinkels relativ zueinander lokalisiert empfinden zu können;
- c) die akustische Atmosphäre, die Rauminformation – gekennzeichnet durch die subjektiv empfundene Wirkung, die den Hörer in den Raum des Geschehens mit einbezieht. Die Technik, die dieses ermöglicht, soll hier als „Ambiofonie“ bezeichnet werden.

Die Technik der „Ambiofonie“ [7] [8] [9] [10] kann dabei auf der Studiosseite oder bzw. zusätzlich auf der Empfangsseite, je nach den verlangten Wirkungen, Anwendung finden.

Während hinsichtlich a) und b) sofort erkennbar ist, daß mindestens zwei Übertragungskanäle erforderlich sind, ist es für den zusätzlichen Aufgabenpunkt c) nicht ohne weiteres ersichtlich, ob hierfür zwei Kanäle ausreichen.

Die Definition der Stereofonie fordert die Rauminformation noch nicht unbedingt, aber die heutige Hörerwartung verlangt bereits eine ausreichende Darstellung des Ursprungsraumes und zusätzlich die Einbeziehung in diesen („Stereo-Ambiofonie“).

Die im Funkhaus Berlin inzwischen erarbeitete Aufnahmetechnik mißt der Übertragung der Rauminformation dementsprechend bereits größte Bedeutung zu. Das heißt aber, daß damit auch auf der Wiedergabeseite die Gewähr der Darstellung von Rauminformationen gegeben sein muß. Die Forderungen an „High-Fidelity“ steigen also weiter.

Die Zweikanaltechnik von Rundfunk und Fernsehen ist aus naheliegenden Gründen eine sog. „raumbezüglige“, d. h., im Studio und auch auf der Empfangsseite werden zwei Lautsprecher vorausgesetzt. Die kopfbezüglige Stereofonie, also das Abhören mit Kopfhörer, kommt für die allgemeine Anwendung aus praktischen Gründen, vor allem aber wegen des abweichenden Hörwinkels, der nicht proportional transformierten stereofonen Auflösung (Abweichung von den ursprünglichen Standorten der Einzelschallquellen) und schlechter Mittenlokalisierung nicht in Frage. Darüber hinaus ist sie wegen der nachteiligen Empfindung der Schallquellen im Hinterkopf des Hörenden nicht geeignet.

Um die Kompromisse der Zweikanaltechnik möglichst zu verdecken, entwickelte sich beim Rundfunk und bei der Schallplatte in den letzten Jahren eine sehr aufwendige Mikrofonaufnahmetechnik. Die Hoffnung auf eine „naturgetreue Übertragung“, vorzugsweise bei erster Musik, mußte wohl aus technischen Gründen bis heute aufgegeben werden. Es soll dennoch betont werden, daß für die Mitarbeiter des Aufnahmepersonals, d. h. für Tonregisseur, Tonmeister, Toningenieur usw., stets das „Original“ als Bezugspunkt dient. Das bedeutet, daß einige wesentliche Parameter der Schallverhältnisse im Ursprungsraum, wie z. B. Klangfarbe der Instrumente und die Lautstärkeverhältnisse zwischen den Instrumenten und Instrumentengruppen, bei erster Musik so naturgetreu wie möglich wiedergegeben oder wenigstens sinnvollerweise auf die Verhältnisse im (kleinen) Wiedergaberaum transformiert werden sollen, damit das Ziel der Hörerwartung, die bestmögliche Imagination, weitgehend realisiert werden kann [11].

Es würde an dieser Stelle zu weit führen, die Aufnahmetechnik in unseren Funkhäusern darzustellen. Es sei aber betont, daß im Prinzip alle technischen Mittel erlaubt sind, die zur Lösung der Aufgabe

als notwendig erachtet werden, sofern sie als solche nicht gesondert wahrnehmbar sind, sondern in ihrer Wirkung als angemessen im erstrebten Klangbild empfunden werden. Alte Rundfunkprinzipien, z. B. mit nur einem Mikrofon bei sinfonischer Musik zu arbeiten, wurden bei der Stereophonie nicht als starres Dogma übernommen, sondern es wird vom minimal notwendigen Aufwand ausgegangen und, falls es sich als notwendig erweist, kein Hinderungsgrund in der Anwendung von z. B. 16 Mikrofonensystemen (zwei bis drei Koinzi-

denz-Stereomikrofone, acht bis zehn Monomikrofone) bei sinfonischen Werken mit Solisten und Chor usw. gesehen. Es ergibt sich also schon auf der Aufnahme-seite in fast allen Fällen eine Kombination von Intensitäts- und Laufzeitstereophonie. Als oberstes Prinzip gilt es, die Kompatibilität zu sichern, d. h. auch für monofone Hörer zu gewährleisten, daß die subjektiven ästhetischen und objektiven technischen Parameterwerte eingehalten werden. Aus einer guten Stereoaufnahme und ihrer kompatiblen, mono-

fonen Version kann auch der Geübte kaum noch die angewendete Technik „heraus hören“.

Zusammenfassend kann man also sagen: Naturgetreue Übertragung wird gegenwärtig mit den vorhandenen Verfahren für nicht erreichbar gehalten und ist auch zur Erfüllung der Aufgabe, die bestmögliche Imagination für unterschiedliche Schallereignisse bei der Wiedergabe in einem kleinen Wiedergaberaum zu sichern, bei diesen Verfahren nicht unbedingte Voraussetzung.

Zur Frage der Verwirklichung von Stereophonie und „High-Fidelity“ im Studiobetrieb und beim Rundfunkhörer

Dipl.-Ing. G. STEINKE

Die wichtigsten Parameter der Übertragungskette

Betrachtungen über Parameter und deren Werte von Heimstudioanlagen sind nur sinnvoll, wenn zunächst über die gesamte Stereoübertragungskette, vom Aufnahmefunktionär bis zum Wiedergabelautsprecher im Heim, eine Vorstellung über die zu stellenden Anforderungen besteht. Die Aufgabe, solche Parameter festzulegen, gliedert sich in drei Etappen, die nacheinander bearbeitet werden müssen:

1. Festlegung der zulässigen Grenzwerte für den gesamten Übertragungskanal (Tonkanal), sog. „Über-alles-Werte“
2. Aufteilung der aus 1. gewonnenen Toleranzen auf die einzelnen Abschnitte der Übertragungskette
3. Ableitung von Forderungen an die technischen Parameter der in den verschiedenen Abschnitten des Übertragungskanal verwendeten Einzelgeräte

Es ist übrigens interessant, daß in letzter Zeit auch von anderen Rundfunkorganisationen, z. B. SWF [12], ähnliche Auffassungen vorgebracht werden und untersucht wird, ob die „Über-alles-Werte“ der Übertragungskette noch den höheren Qualitätsstandards der sog. Hi-Fi-Empfänger entsprechen. Dabei zeigte es sich in einer geschilderten Untersuchung, daß

mehrere Parameter enger als in den bisherigen Senderpflichtenheften toleriert sein müssen.

Die in der OIRT vertretenen Rundfunkorganisationen sind ebenfalls der Meinung, daß auch vom letzten Glied der Senderkette höchste Qualität erwartet wird. Sie halten es aber für sinnvoller, die Reihenfolge der Etappen wie oben angegeben einzuhalten, woraus sich zwangsläufig die Forderungen für Empfänger ergeben müssen, anstatt mit sog. Hi-Fi-Normen für Heimgeräte zu beginnen, um dann Bedingungen für das Studio, den Übertragungsweg (Kabel, Richtfunkstrecke) und den Sender daraus abzuleiten. Es wird aber noch unter 2. gezeigt werden, wie schwer es z. Z. ist, solche Werte festzulegen und einzuhalten. Beginnen wir nun mit Betrachtungen zur Etappe 1:

1. Grenzwerte für den gesamten Übertragungskanal

Auf Grund der Wahrnehmbarkeitsgrenzen von Übertragungsfehlern lassen sich mit geeigneten Methoden [5] durch eine Gruppe ausgesuchter Testpersonen subjektive Grenzwerte ermitteln, wie sie in Tabelle 1 einmal zusammengestellt wurden. (Eine ähnliche Tabelle mit etwas abweichenden Werten ist z. B. auch im

Report 293 (X) des CCIR zu finden.) Diese Werte sind nicht die kritischsten, wie sie geschulte Aufnahme- und Musikexperten ermitteln können, denn z. B. können auch obere Frequenzen bis zu $18 \cdot 20\,000$ Hz noch leicht bei Musikaufnahmen erkannt werden; auch zeigte sich bei Untersuchungen an Flötenintervallen im RFZ, daß ein Klirrfaktor von nur 0,3% auch noch bemerkt wird. Die subjektiven Grenzwerte in Spalte 3 sind daher schon auf ein sinnvolles Maß abgerundet worden, wie es auch für die technische Realisierung anzustreben möglich erscheint.

Um die verschiedenen Auffassungen über die zu erreichende Übertragungsqualität zu einer internationalen Vereinbarung zusammenfassen zu können, wurde von der OIRT ein im Rundfunk- und Fernseh-technischen Zentralamt der Deutschen Post, Berlin, erarbeiteter Vorschlag dem CCIR zur Diskussion eingereicht. Diesem Beitrag [13] wurden Werte der Tabellen 1 und 2 sowie auch Bild 4 (Erscheint im nächsten Heft. D. Red.) entnommen.

Eine derartige Vereinbarung wird deswegen für dringend notwendig gehalten, damit Aufnahmen aus dem internationalen Bandaustausch in den verschiedenen Funkhäusern unter jeweils optimalen Bedingungen wiedergegeben und ausgestrahlt (gesendet) werden können.

Bevor für die einzelnen Parameter noch ergänzende Bemerkungen gemacht werden, sei allgemein zu dieser Tabelle festgestellt, daß die subjektiv ermittelten Grenzwerte (Spalte 3) für das „Ende der Übertragungskette, also am Empfänger- Ausgang, wohl notwendig und von Bedeutung sind; sie sind jedoch noch nicht ausreichend, um für die einzelnen Rundfunkorganisationen die Bedingungen zu ermitteln, die in ihren Funkhäusern an verschiedenen Punkten des Übertragungskanal eingehalten werden müssen. Ohne eine derartige Aufgliederung der Bedingungen wird weder die IEC in der Lage sein, weitere Empfehlungen z. B. zur Stereomagnetbandtechnik auszuarbeiten, noch kann die gerätebauende Industrie abschätzen, zu welcher Einhaltung von Werten bei Studio- und Heimanlagen sie verpflichtet ist. Die in verschiedenen Veröffentlichungen ausgesprochenen Erwartungen, daß die subjektiven Grenzwerte Richtwerte für die Industrie liefern würden, haben sich nach unseren Erfahrungen nicht erfüllt. Von der OIRT wurde daher vorgeschlagen, zulässige Werte auch für die einzelnen Glieder des Übertragungsweges auszuarbeiten.

Derartige Empfehlungen sollten zunächst für optimale Studiobedingungen aufgestellt werden. Vereinbarungen über Werte für Minimalbedingungen wie auch für Rundfunkempfänger unterschiedlicher

Tabelle 1: Grenzwerte für die Parameter des gesamten Übertragungskanal (Studioqualität) bzw. Grenzen der Wahrnehmung (nach [13])

1 Parameter	2 Signale ¹⁾	3 subjektive Grenzwerte	4 Empfehlungsvorschlag für anzustrebende Werte
1. Bandbreite	A, B, M, S	30 ··· 15 000 Hz	30 ··· 15 000 Hz
2. Amplitudenfrequenzgang	A, B		
a) 30 u. 15 000 Hz		± 2 ··· 3 dB	± 1,5/— 3,0 dB
b) 1,25 ··· 10 000 Hz		± 1 dB	± 1,0 dB
3. Übersprechabstand ²⁾	A, B	> 26 dB	> 30 dB
4. harmonische Verzerrungen	A, B, M		
a) < 100 Hz		— 34 dB (2%)	— 34 dB (2%)
b) 100 ··· 5000 Hz		— 46 dB (0,5%)	— 40 dB (1%)
c) > 5000 Hz		— 40 dB (1%)	— 34 dB (2%)
5. Störpegelabstand	A, B, M	> 60 dB	> 55 dB
6. Pegeldifferenz ³⁾	A, B		
a) 1 kHz		0,5 dB	1,0 dB
b) 125 ··· 10 000 Hz		0,5 ··· 1,5 dB	1,5 dB
c) 30 Hz, 15 000 Hz		2,5/1,5 dB	2,5 dB
7. Phasendifferenz ⁴⁾	A, B		
50 Hz		> 90°	90°
200 ··· 400 Hz		30°	45 oder 30°
700 Hz		45°	45 oder 30°
3750 ··· 4000 Hz		> 90°	45°
4000 ··· 15 000 Hz		> 90°	90°

¹⁾ A ist das „Links“-Signal und B das „Rechts“-Signal; M = p (A + B) und S = p (A — B).
²⁾ Dies betrifft das lineare Übersprechen, das unabsichtlich zwischen den Kanälen A und B infolge von Unvollkommenheiten der Übertragungsketten auftritt.
³⁾ Dies betrifft die unabsichtliche Pegeldifferenz zwischen den Signalen A und B.
⁴⁾ Dies betrifft die unabsichtliche Phasendifferenz zwischen den Signalen A und B.

Klassen zu treffen, wäre ein später erforderlicher Vorgang, der ggf. durch die IEC mitbearbeitet werden müßte.

Nach Auffassung der OIRT sollten die Werte am Ende der Übertragungskette einen guten Kompromiß aus subjektivem Grenzwert und sinnvoller, ökonomischer Realisierung darstellen. Daher gründen sich die von der OIRT angegebenen Werte (Spalte 4) auf Ergebnisse subjektiv-statistischer Untersuchungen, längere Erfahrungen von Mitarbeitern auf dem Gebiet subjektiver Bewertungen und auf Berechnungen. Es handelt sich also um anzustrebende Werte, die gegenwärtig nur teilweise erreicht werden können.

Aus den Werten und der noch folgenden Aufgliederung der Übertragungskette können dann Relationen zu den Normvorschlägen für sog. Hi-Fi-Geräte, also Anlagenbausteine mit Heimstudioqualität, gefunden werden.

● Zu Parameter 1 – Bandbreite

Hier gehen die Auffassungen noch auseinander. Moderne Richtfunkanlagen gehen wohl bis 15 000 Hz (ältere, auch internationale Normen teilweise nur bis 11,5 kHz!). Es ist aber denkbar, daß eine Nachrichtenverwaltung es für sinnvoll hält,

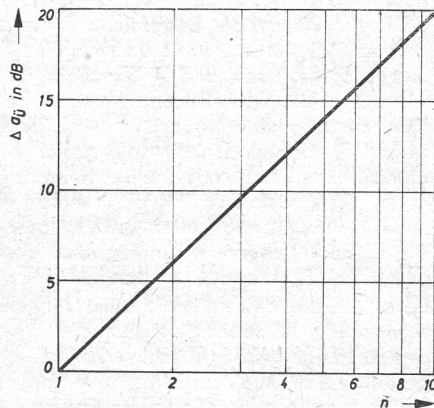
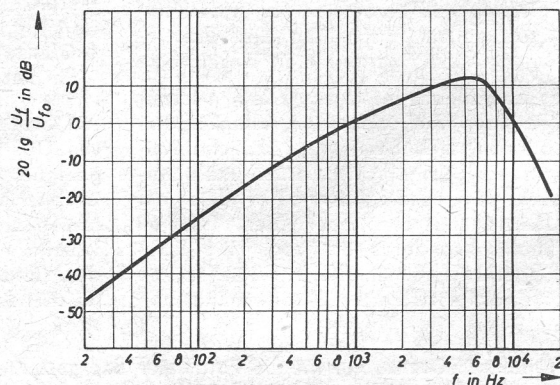


Bild 1: Verschlechterung des Überschrehabstandes Δa_{ii} bei n Gliedern gleichen Überschrehabens (nach [14])

Bild 2: Bewertungskurve zur Geräuschspannungsmessung für elektroakustische Breitbandübertragung



aus Gründen der automatischen Überwachung der Übertragungskette für die Unterbringung von Pilotönen eine Reduzierung der oberen Frequenzgrenze vorzunehmen. Subjektive Untersuchungen müssen noch zeigen, ob die Reduzierung auf z. B. 14; 14,2 oder 14,5 kHz zugelassen werden kann.

Obwohl das alte Amateurgesetz $f_u \cdot f_o = 400\,000$ auf Grund der unterschiedlichen Auffassungen über das richtige Klangideal kaum noch Gültigkeit hat, zwingt eine Reduzierung der „Höhen“ zwangsläufig auch zu einer Vergrößerung der unteren Frequenzgrenze, um wieder eine ästhetisch befriedigende Klangbalance zu erreichen. Viele Organisationen beginnen ohnehin erst bei 40 Hz. Bei der Schallplattenproduktion bereiten tiefer- bzw. höherliegende Frequenzen mit Rücksicht auf niedrigen Klirrfaktor bzw. hohen Störabstand größte Schwierigkeiten. Nur selten, z. B. bei Testplatten, können sie wiedergegeben werden.

Bei den Aufnahmen der Klangkörper selbst wird man zwar die Magnetbandaufzeichnung frequenzmäßig nicht bewußt einengen, um für Sonderfälle ein breites

Spektrum zur Verfügung zu haben; die Wiedergabeeinrichtung im Studio muß jedoch steile Grenzfiter (also z. B. für 40 Hz und 14,2 kHz) enthalten, damit die Klangfarbenbalance (also das sog. Klangideal) realistisch vom Tonmeister eingestellt werden kann. Es erscheint damit aber fragwürdig, von Hi-Fi-Anlagen beim Hörer extreme Frequenzgrenzen, die außerhalb der Studiogrenzwerte liegen, zu fordern.

Wie die Tabelle 1 zeigt, wird auch für das S-Signal die volle Bandbreite gefordert, denn eine Beschneidung des S-Kanals würde durch die Matrizierungsbedingungen zwischen A/B und M/S nach der Umsetzung auch A und B beeinträchtigen.

● Zu Parameter 2 –

Amplitudenfrequenzgang

Dieser Parameter ergänzt Parameter 1 durch die erforderlichen Toleranzen für a) und b). Wie später gezeigt wird, sind die Grenzwerte durch die Toleranzen der einzelnen Übertragungsglieder heutzutage noch keineswegs erreichbar. Sie sollten aber zukünftig angestrebt werden, um dem Qualitätsanspruch der stereofonen Wiedergabe allgemein zu entsprechen. Die

durch Kopierprozesse (Synchronisation, Mitschnitt und Umschnitt beim Hörer u. a.) erinnert, wie sie im Bild 1 (nach [14]) ersichtlich wird.

● Zu Parameter 4 –

harmonische Verzerrungen

Die Werte beschränken sich hier auf den Klirrfaktor, sie müßten je nach Frequenzlage noch durch Intermodulations- und Differenztonfaktoren ergänzt werden.

Die Werte selbst sind nicht überraschend, allerdings sollte in späteren Standardisierungsetappen auch für Spalte 4 im mittleren Frequenzbereich b) 0,5% angestrebt werden.

● Zu Parameter 5 –

Störpegelabstand

Hierbei handelt es sich zunächst nur um den unbewerteten (Fremdpegel-) Abstand. Der Wert in Spalte 4 erscheint als zu klein. Anzustreben wäre 60 dB, das ist aber für eine derartig lange Übertragungskette gegenwärtig nicht real; daher wurde zunächst 55 dB eingetragen. Die Brummanteile bei 50 und 100 Hz sollten jedoch 60 dB sein. Auf Grund der Erfahrungen der OIRT-Mitgliedsorganisationen erscheint es als unbedingt notwendig, auch für den Geräuschpegel-

positive Toleranz von +1,5 dB ist geringer als die subjektive Bedingung, um die Anhebung höchster Frequenzen im gesamten Kanal wegen ihrer Schädlichkeit (Gefahr der Verzerrungen, der Einschalt- bzw. Einschwingvorgänge, Übersteuerungen usw.) so klein wie möglich zu halten. Der Parameter 2 hat mit dem Parameter 6 (Pegeldifferenz) nur bedingt eine Relation. Siehe hierzu Bemerkungen zu Parameter 6.

● Zu Parameter 3 –

Übersprechabstand

Für diesen Parameter sind verschiedene Bezeichnungen (z. B. Kanaltrennung) und Definitionen gebräuchlich. Hier wird unter Übersprechabstand (a_{ii}) das log. Verhältnis der Nenn-Nutzspannung des gestörten Kanals zu der durch Übersprechen entstandenen Störspannung des gestörten Kanals verstanden. Für die Werte wären sogar > 40 dB anzustreben, um eine hohe Stabilität und auch eine Kontrollmöglichkeit für den Sendeprozess, d. h. über die ganze Übertragungskette, zu gewährleisten. Außerdem sei an die schnelle Reduzierung des Übersprechabstandes

abstand Toleranzen zu vereinbaren. Untersuchungen hierzu sind noch im Gange. Für Geräuschpegelmessungen kommen bekanntlich nur Meßgeräte mit Quasispitzenwertanzeige in Frage; leider gehen aber die Auffassungen über die richtige Bewertungskurve international sehr auseinander. Neuere Untersuchungen des RFZ haben die früheren Messungen von Belger [15] erneut bestätigt. Eine Kurve gemäß Bild 2 repräsentiert daher nach unseren Erfahrungen die realen Verhältnisse am besten. (Auf die Untersuchungen selbst zur Begründung des Kurvenverlaufs kann hier nicht näher eingegangen werden.)

● Zu Parameter 6 –

Pegeldifferenzen

Dieser Parameter hat mit dem Parameter 2 (Amplitudenfrequenzgang) nur bedingt eine Relation, wie die Addition der Toleranzen von Parameter 2 (a) bzw. (b) und der Vergleich mit Parameter 6 sofort zeigen. Aus Parameter 6 wird aber erkennbar, daß bei Stereoübertragungen nur jeweils zwei Kanäle gleichen Verhaltens (d. h. gleicher Tendenz der Abwei-

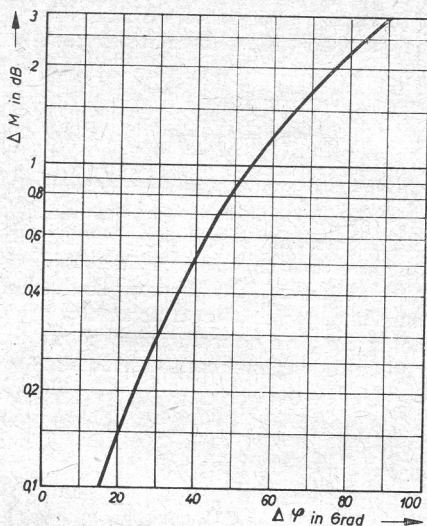


Bild 3: Pegelverlust des Summensignals ΔM in Abhängigkeit von der Phasendifferenz $\Delta\varphi$ (nach [14])

chungen) benutzt werden dürfen, um die Pegeldifferenzen überhaupt einhalten zu können. Es ist für gute stereofone Wiedergabe die relative Pegeldifferenz entscheidender als die absolute Abweichung der einzelnen Kanäle (Parameter 2), vorausgesetzt eben, daß diese in der gleichen Richtung liegen. Dies gilt auch besonders für die Phasendifferenzen (Parameter 7), zumal in der Monophonie bisher keine Festlegungen hinsichtlich Phasenfrequenzgang sinnvoll erschienen und vorgenommen wurden.

Wegen der Bedeutung dieses Parameters wurden drei Frequenzgebiete angegeben. Die EBU-Bedingung, z. B. für den gesamten Frequenzbereich 1,5 dB einzuhalten, also auch für die Grenzfrequenzen, erscheint zu scharf. Dagegen zeigen die kürzlich veröffentlichten Untersuchungsergebnisse der BBC [16], die durch Beobachtungen der OIRT bestätigt werden, daß die subjektiven Grenzwerte für den mittleren Bereich bedeutend niedriger liegen. Aus ökonomischen Gründen wurde von seiten der OIRT zunächst nur 1,0 dB Toleranz für den 1-kHz-Abgleich festgelegt. Im allgemeinen werden sich, wie die bisherige Praxis zeigt, aus dieser Notwendigkeit (ausgesuchte Übertragungsleitungen, Magnetbandanlagen, Regieanlagen) keine größeren Schwierigkeiten ergeben. Das Zusammenschalten zweier gleichartiger Übertragungsglieder zu einem Doppelkanal gelingt natürlich um so leichter, je kleiner bereits die Toleranzen jedes einzelnen Gliedes sind. Man muß aber berücksichtigen, daß der Hörer an seinem Empfangsgerät nicht ständig seinen Lautstärkebalanceregler nachstellen wird, um sich bei verschiedenen Stereo-UKW-Sendern oder bei der Umschaltung auf Stereo Plattenspieler bzw. Stereo Bandgerät jeweils von neuem auf geringste Pegeldifferenzen einzustellen (die natürlich auch bei den verschiedenen Schallaufzeichnungen ständig unterschiedlich sein können, so daß hierfür besonders strenge Toleranzen erforderlich werden!). Diese Betrachtung läßt wohl die Bedeutung der Pegeldifferenzbedingung in wesentlich strengere Licht erscheinen.

● Zu Parameter 7 –
Phasendifferenzen

Hierzu liegen außer der EBU-Tabelle im CCIR-Bericht 293 Untersuchungen der BBC [16], des IRT [17] und Auffassungen der OIRT [18] vor.

Ein Studium dieser Dokumente zeigt, daß die gegenwärtige „Grenze der Wahrnehmbarkeit“ nicht übereinstimmend angegeben werden kann. Auf jeden Fall scheinen die Werte im CCIR-Bericht 293 zu streng zu sein, da sie bereits zu unökonomischem Aufwand für den Übertragungsweg zwingen. So erscheint der Wert von 30° für den gesamten Bereich von 200...3750 Hz als zu streng. Die BBC [16] sieht dies nur im Bereich von 200 bis 400 Hz als notwendig an. Die bisherigen Beobachtungen der OIRT decken sich etwa mit den Ergebnissen des IRT [17]. Die Untersuchungen werden aber bei der OIRT gegenwärtig noch fortgesetzt, um hinsichtlich des strittigen Bereiches von 200...400 Hz weitere Zusammenhänge zu ermitteln. (Während der Ausarbeitung dieses Beitrages erschienen japanische Untersuchungen [19], die noch eine gründliche Auswertung erfordern, aber ebenfalls recht strenge Werte fordern.)

Abgesehen von dieser Unsicherheit, die die Festlegung eines einheitlichen Wertes im empfindlichsten Bereich erschwert, ist zur Frage des kompatiblen Signals noch eine Bemerkung angebracht. Eine Phasenverschiebung von 90°, wie sie z. B. das EBU-Dokument an den Grenzfrequenzen

zuläßt, ergibt einen Abfall von 3 dB gegenüber 1000 Hz (siehe Bild 3 nach [14]). Dieser Wert allein scheint noch nicht kritisch zu sein, er überlagert sich jedoch dem meist ohnehin vorhandenen Fehlerwert infolge einer Pegeldifferenz.

Außer diesem Abfall gegenüber dem monofonen Signal addiert sich natürlich in allen Fällen die üblicherweise meist negative Abweichung des Übertragungskanals (Parameter 2 a: -3 dB!) noch mit hinzu. Es wurde schon bemerkt, daß solche Werte z. Z. noch auftreten können, wodurch sich insgesamt hohe Pegelabweichungen (max. -7 dB) ergeben. Daher schlägt die OIRT hier 65° (Pegelabfall gemäß Bild 3: 1,5 dB) für die Übertragungskette bis zum Codereingang vor.

Für den weiteren Verlauf des Übertragungskanals sind für das kompatible Signal, d. h. für den monofonen Empfang einer Stereosendung, die Phasenbeziehungen naturgemäß nicht mehr von Interesse. Lediglich für die weiteren Glieder des Stereoübertragungsweges kann die Toleranz bis zu dem Grenzwert 90° (bei 15 kHz) ausgeschöpft werden.

Diese Betrachtung zeigt wiederum, daß die Tabelle von Werten für das Ende des Übertragungskanals nicht ohne weiteres Rückschlüsse auf Bedingungen an einzelnen Übertragungsgliedern erlaubt, weshalb sich also die Aufgaben 2. und 3. ergeben, Toleranzen für die Parameter der einzelnen Abschnitte und Einzelgeräte festzulegen.

Rauschen bei Rundfunkstereofonie

KLAUS GABLER

Zur Zeit werden von vielen europäischen Rundfunkanstalten Versuchssendungen in Rundfunkstereofonie durchgeführt, die die Wirksamkeit der vorgeschlagenen Systeme erproben und Erfahrungen auf diesem Gebiet sammeln helfen sollen. Den Rundfunkhörer interessiert vor allem die Empfangsmöglichkeit dieser Sendungen, die einmal von der Kompatibilität des gesendeten Signals und zum anderen von der Veränderung des Nutz/Störverhältnisses abhängt. Letzteres ist wichtig für die Größe des Versorgungsgebietes eines Senders und soll hier kurz umrissen werden.

Die Technische Kommission des OIRT hat im März 1965 auf ihrer Tagung in Kuba einige Empfehlungen gebilligt, die von der Studiengruppe V ausgearbeitet worden waren. Darin werden das Pilotonverfahren (die für Europa modifizierte amerikanische FCC-Norm) und das in der Sowjetunion entwickelte Polarmodu-

lationsverfahren als ungefähr gleichwertige Systeme zur Einführung innerhalb der Mitgliedsländer vorgeschlagen. [Von dieser Grundlage ausgehend, wurde auf der XI. Vollversammlung des CCIR im Juli 1966 in Oslo die endgültige entsprechende Empfehlung verabschiedet. Die Red. - s. a. radio und fernsehen 15 (1966), H. 20]. Die Bandbreite des ZF-Kanals des Empfängers erfährt praktisch keine Änderung, der Nachrichteninhalt des übertragenen Signals wird aber verdoppelt. Nach der Informationstheorie sind Informationsinhalt und Rauschabstand gegeneinander austauschbar. Bei Empfang einer Stereosendung wird sich also immer eine Vergrößerung der Störspannung ergeben, oder man muß mit größeren Empfangsfeldstärken arbeiten, um die gleiche Übertragungsqualität wie beim Empfang eines Monosenders zu erzielen.

Um zu aussagefähigen Schlüssen zu ge-

Zur Frage der Verwirklichung von Stereophonie und „High-Fidelity“ im Studiobetrieb und beim Rundfunkhörer

Teil 3 und Schluß

Dipl.-Ing. G. STEINKE

2. Aufteilung der aus 1. gewonnenen Toleranzen auf die einzelnen Abschnitte der Übertragungskette

Da eine solche Aufteilung nicht isoliert von nur einer Rundfunkorganisation vorgenommen werden kann, wurde von der OIRT ein CCIR-Studienprogramm vorgeschlagen. Darin wird gefragt, für welche Glieder der Stereovertragungskette und für welche Parameter sowohl anzustrebende als auch erreichbare Werte unter Studiobedingungen angegeben und festgelegt werden können. Ein solches Studienprogramm wird geraume Zeit in Anspruch nehmen; es soll daher an dem (nicht vollständigen) Beispiel eines Übertragungskanal (siehe Tabelle 2) gezeigt werden, wie groß gegenwärtig die Abweichungen am Ende des Kanals von den subjektiv zu fordernden Werten (Tabelle 1 – im Heft 21) bei Addition aller Einzeltoleranzen sind. Hieraus resultiert, daß an die zulässigen Toleranzen der einzelnen Glieder der Übertragungskette noch höhere Anforderungen gestellt werden müssen, um befriedigende Übertragungsqualität am Empfangsort zu gewährleisten.

Die Aufstellung einer solchen Tabelle zeigt wiederum, daß im internationalen und meist auch im nationalen Maßstab für viele Parameter noch keine Toleranzen für Stereobetrieb festgelegt worden und die bisher geltenden Monobedingungen z. T. unzureichend oder nicht anwendbar sind. Eine wichtige Aufgabe des CCIR ist es, in Verbindung mit der IEC hier internationale Vereinbarungen vorzubereiten.

Erläuterung des Stereophonie-Übertragungskanal (Bild 4)

- A – B Regieeinrichtung im Studio (Eingang, ohne Mikrofon, bis zum Leitungsausgang)
- B – B' Eingang bis Ausgang Magnettongerät
- B – C Übertragungsleitung (Richtfunkstrecke, mit kurzer, nicht entzerrter Ortssendeleitung)
- C – F NF-Übertragungsweg, einschließlich Coder und Sender sowie Empfänger mit Decoder (unter Voraussetzung idealer Empfangsbedingungen)
- F – G NF-Leistungsverstärker
- C – J Eingang Coder bis Ausgang Sender [gemessen mit Meß-Coder für NF-Messungen bzw. mit speziellen Meßverfahren am Multiplexsignal (HF-Messung), wofür in Tabelle 2 keine Angaben gemacht werden]
- K – F Eingang Empfänger bis Ausgang Decoder (gemessen mit Meßdecoder und -sender)
- A – G Summe der Toleranzen (Ausnutzung der maximalen Toleranzen in jedem Glied der Übertragungskette ohne Mikrofon und Lautsprecher)

A – H Summe der Toleranzen einschließlich Lautsprecher

Zu der Aufteilung gemäß Bild 4 soll noch bemerkt werden, daß das Magnetbandgerät in der Praxis nicht in jedem Fall in den Übertragungskanal eingeschaltet ist.

Im normalen Sendebetrieb werden aber durch Synchronisation, Anfertigung von Kopien (Umzeichnung) usw. beim Abspielen eines Sendebandes die Einflüsse mindestens einer kompletten Magnetbandanlage die Studioparameter verschlechtern (siehe auch Bild 1 und Bemerkung bei Parameter 3). Die Spalte B – B' wird daher wohl in den meisten Fällen zum Gesamtwert addiert werden müssen.

Der Parameter 1 – Bandbreite – wurde nicht aufgenommen, da er natürlich analog Tabelle 1 für alle Einzelglieder des Übertragungskanal gelten muß.

Verfolgt man die einzelnen Spalten der Tabelle 2, so erkennt man jeweils recht strenge Werte, bei denen man sich vorstellen kann, wie hart die Bedingungen sein müssen, wenn man sich Einzelgeräte (Etappe 3. der Parameterbearbeitung!) vornimmt, von denen z. B. bereits im Studio eine recht große Anzahl hintereinanderliegen.

Die Spalte A – G (Tabelle 2) zeigt dennoch erhebliche Abweichungen, besonders bei den Parametern 2 und 6, von dem subjektiven Grenzwert (letzte Spalte) und zwingt demnach zu einer Neuaufteilung der Toleranzen, um wenigstens für die Studiobedingungen die Forderungen einhalten zu können.

Dabei soll noch einschränkend bemerkt werden, daß sich die Werte vieler Parameter in der Praxis nicht streng addieren, sondern teilweise auch kompensieren können (z. B. Klirrfaktor); beim Amplitudenfrequenzgang können daraufhin die Endwerte A – G bzw. A – H mit dem (im RFZ ermittelten) Erfahrungsfaktor 0,7 multipliziert werden.

Bei der Diskussion über den Amplitudenfrequenzgang muß man mit dem Einwand rechnen, daß durch die subjektive Gestaltung der Klangfarbenbalance mittels Filter im Regieraum eine hohe Genauigkeitsforderung z. B. von 0,1 oder 0,2 dB der Einzelgeräte im Studio unbillig ist, da der endgültig gewählte Frequenzgang ohnehin nach dem Geschmack des Tonmeisters eingestellt wird.

Dazu ist zu entgegnen, daß zunächst – bei Ausschaltung jedes Filters in der Regiekette – in den beiden Stereokanälen eine hohe Gleichheit erforderlich ist (siehe obige Bemerkungen zu Parameter 6!), ferner müssen auch bei verschiedenartigem Aufbau der einzelnen Kanäle (Mikrofonwege, Magnetbandkanäle usw.) die Werte am Ausgang des Regieraum möglichst konstant bleiben, sonst erfordert natürlich jeder Weg und jede Einschaltung eines Zusatzgerätes eine subjektiv zu ermittelnde Korrektur. Filter für Stereokanäle müßten aus Gründen der Gleichheit ohnehin bereits als Doppelgeräte (d. h. mit gekoppelten Wahlschaltern o. ä.) ausgeführt sein.

Aus der subjektiven Kontrolle könnte man auch folgern, daß erst von dort ab die Zählung der Toleranzen beginnen könne. Leider durchläuft eine Sendung bzw. Bandaufnahme aus einem Regieraum noch mehrere Betriebseinrichtungen (Kontrollraum, Schaltraum usw.) bzw. Zusatzprozesse, so daß das Studioausgangssignal bereits wieder Abweichungen gegenüber dem aus dem Aufnahme-regieraum besitzt. Toleranzen für das Übertragungsglied „Studio“ sind daher unumgänglich.

(Es lassen sich noch ähnliche Betrachtungen für diesen und andere Parameter anstellen, sie sollen aber nicht Gegenstand dieses Beitrages sein; es sollte lediglich gezeigt werden, wie problematisch die Festlegung von Einzeltoleranzen wird.)

Bild 4: Stereophonieübertragungskanal (nach [18])

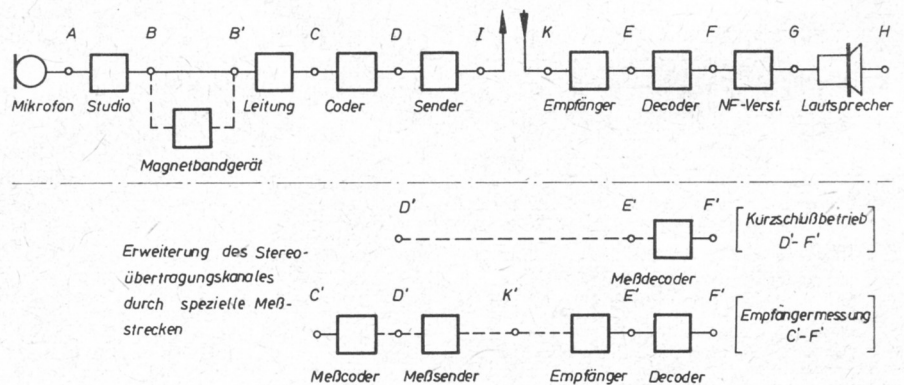


Tabelle 2: Einzeltoleranzen für den stereofonen Übertragungskanal gemäß Bild 4

a = anzustrebende Werte b = z. Z. gültige Pflichtenheftwerte

Parameter	Einheit	A-B		B-B'		B-C		C-Y ¹⁵⁾		K-F		C-F		F-G		F-H		A-G		A-H		subjektive Grenzwerte am Punkt G
		a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b			
2. Amplitudenfrequenzgang	dB	+0,5 -1,5	+0,5 -2,0	+1,0 -1,5	± 2,0 ¹⁾	+0,5 -1,5	+0,5 -1,5	± 0,5	—	± 1,0	—	± 1,5	—	+0 -0,5	+0 -0,5	+3,5 -6,5	—	+4,5 -7,5	—	—	± 2...3	
a) 30...15000 Hz	dB	± 0,5	+0,5 -1,5	± 1,0	± 1,5 ²⁾	+0,5 -1,0	+0,5 -1,0	+0 -0,5	—	± 0,5	—	+0,5 -1,0	—	+0 -0,5	+0 -0,5	+2,5 -4,0	—	+3,0 -5,5	—	—	± 1,5	
b) 125...10000 Hz	dB	± 0,5	+0,5 -1,5	± 1,0	± 1,5 ²⁾	+0,5 -1,0	+0,5 -1,0	+0 -0,5	—	± 0,5	—	+0,5 -1,0	—	+0 -0,5	+0 -0,5	+2,5 -4,0	—	+3,0 -5,5	—	—	± 1,5	
3. Übersprechabstand	dB	75	75	40	30	75	75	46	—	40	—	40	—	75	—	40	—	—	—	40	26	
a) 125...10000 Hz (Meßfrequenz 8000 Hz)	dB	75	75	35	30	75	75	40	—	30	—	30	—	—	—	30	—	—	—	30	18	
b) 30...15000 Hz	dB	75	75	35	30	75	75	40	—	30	—	30	—	—	—	30	—	—	—	30	18	
4. nichtlin. Verzerrung	dB	—	-40	-34	-30	-40	-40	-46	—	-40	—	-40	—	-40	—	-34	-34	-30	-34	-28	-34	
a) f ≤ 100 Hz (63 Hz) ⁵⁾	dB	—	-40	-34	-30	-40	-40	-46	—	-40	—	-40	—	-40	—	-34	-34	-30	-34	-28	-34	
b) f = 100...5000 Hz (1 kHz) ⁵⁾	dB	—	-50	-36	-30	-50	-50	-46	—	-40	—	-40	—	-40	—	-36	-40	-30	-36	-30	-46	
c) f > 5000 Hz (5 kHz) ⁵⁾	dB	—	-50	-34	-30	-46	-46	-46	—	-40	—	-40	—	-46	—	-40	-36	-30	-34	-30	-40	
5. Störabstand ⁶⁾	dB	66 ⁶⁾	56 ⁷⁾ 60 ⁷⁾	60	58	64	64	—	60 ⁶⁾	—	58	—	56	—	78	56	53 ⁷⁾	56	53 ⁷⁾	53 ⁷⁾	> 60	
6. Pegeldifferenz ¹⁰⁾	dB	0,5	—	0,5	1,5 ¹¹⁾	0,5	—	—	—	0,5	—	0,5	—	—	—	—	—	—	—	—	0,5	
a) bei 1 kHz	dB	0,5	—	0,5	1,5 ¹¹⁾	0,5	—	—	—	0,5	—	0,5	—	—	—	—	—	—	—	—	0,5	
b) 125...10000 Hz	dB	0,5	2,0	1,0	1,5 ¹¹⁾	0,5	1,5	—	—	1,0	1,5	1,0	1,5	0,5	0,5	2,5	—	7,0	2,5	—	0,5...1,5	
c) 30...15000 Hz	dB	1,0	2,5	1,5	—	1,0	2,0	—	—	1,0	—	1,0	—	0,5	0,5	5	—	> 7,0	3,5	—	0,5...1,5	
7. Phasendifferenz	Grad	20	—	20 ¹⁴⁾	—	20	—	—	—	15	—	15	—	—	—	—	—	—	—	—	> 90	
a) 50 Hz	Grad	20	—	20 ¹⁴⁾	—	20	—	—	—	15	—	15	—	—	—	—	—	—	—	—	> 90	
b) 250 Hz	Grad	10 ⁸⁾	—	10 ¹⁴⁾	—	10	—	—	—	10	—	10	—	—	—	—	—	—	—	—	30	
c) 4000 Hz	Grad	10	—	10	—	10	—	—	—	10	—	10	—	—	—	—	—	—	—	—	> 90	
d) 15000 Hz	Grad	20	—	20	—	20	—	—	—	15	—	15	—	—	—	—	—	—	—	—	> 90	

Tabelle 3: Gegenwärtig bekannte Normvorschläge für Heimstudioqualität

Parameter	Einheit	K-E	E-F	F-G	G-H	C'-G ¹⁾	C'-G ²⁾	subj. Grenzwerte am Punkt G
2. Amplitudenfrequenzgang								
a) 30...15 000 Hz	dB	$\pm 3,0$		$\pm 2,0$	$\pm 6,0$	$\pm 3,0$	$\pm 1,5$	$\pm 2 \dots 3$
b) 125...10 000 Hz	dB	$\pm 1,5$ (50...6300)				$\pm 2,0$	$\pm 1,0$	$\pm 1,5$
3. Übersprechabstand								
a) 125...10 000 Hz	dB	> 20 (200...6300)		> 30 (> 40 bei 1 kHz)		> 25	> 25	> 26
b) 30...15 000 Hz	dB	≥ 15				> 15	> 23	> 18
4. nichtlineare Verzerrungen								
a) $f < 100$ Hz	dB					- 34	- 46	- 34
b) $f = 100 \dots 5000$ Hz	dB					- 34	- 46	- 46
c) $f > 5000$ Hz	dB	$- 34$		- 40	- 30 (b. 1 kHz) - 40 (oberhalb 1 kHz)	- 34	- 40	- 40
5. Störabstand								
	dB	≥ 50 (mono) ≥ 46 (stereo)						
6. Pegeldifferenzen								
a) bei 1 kHz	dB			> 50		> 55	> 60	> 60
b) 125...10 000 Hz	dB	$< 3,0$ (250...6300)		$< 3,0$ (200...6300)	$< 3,0$ (315...6300)	$< 1,0$	$< 0,5$	0,5
c) 30...15 000 Hz	dB					$< 2,0$	$< 1,0$	0,5...1,5
	dB					$< 2,0$	$< 1,5$	2,5/1,5

¹⁾ Vorstellungen des Zentrallaboratoriums für Rundfunk- und Fernsehempfangstechnik Dresden ²⁾ Pflichtenwerte der Heimstudioanlage Hempel, Limbach

Wie sieht es nun bei der Hi-Fi, also der Heimstudioqualität, aus?

In Tabelle 3 sind die bisher bekannten Normvorstellungen aufgetragen. Man sieht, daß sie noch recht unvollständig sind (z. B. bei Phasendifferenzen), vor allem aber, daß sie nur teilweise gleich den subjektiven Grenzwerten sind, die noch einmal in der letzten Spalte gegenübergestellt wurden, in vielen Fällen aber schlechter als diese liegen. Addiert man nun alle Werte, vom Studio bis zum Wiedergabelautsprecher, worauf hier verzichtet werden soll, so kann man sich unerschwer vorstellen, was von der angestrebten Hi-Fi-Qualität noch übrigbleibt. Die in [12] ausgesprochene Befürchtung, daß Hi-Fi-Empfänger besser als der Studiosenderweg sein können, trifft dabei für Parameter 2 und 6 tatsächlich zu.

Der Störabstand ist zwar noch weit vom subjektiven Grenzwert entfernt, aber gerade hier kann man feststellen, daß viele moderne Empfänger beträchtlich besser als die Hi-Fi-Normvorschläge sind und sich daher bereits Hörer über häufiges Magnetbandrauschen beklagen. Stereoaufzeichnungen sind bekanntlich besonders hinsichtlich des Störgeräusches auf Grund der verringerten Sperrbreite gefährdet, so daß das RFZ inzwischen einen Bandfluß von 640 pWb/mm (64 mM/mm, d. h. etwa 400 mM für 6,25 mm breites Band) für Stereoaufzeichnungen empfahl (unter dieser Voraussetzung ist die Bedingung a) für die Strecke B-B' in Tabelle 2 realisierbar).

Für eine Heimstudioanlage gelten natürlich noch andere Eigenschaften, als sie hier erörtert werden konnten - die Zu-

sammenschaltung von Bausteinen erfordert sinnvolles Festlegen von Impedanzen, geeignete Lösung der Lautstärkeregelung, vor allem Wahl eines Lautsprechers mit ausgeglichenem Amplitudenverlauf in einem angemessenen Gehäuse usw. Zu diesen Problemen hat sich der Autor an einem Beispiel für den Aufbau einer Heimempfangsanlage bereits früher geäußert [1], so daß ein Hinweis auf jene Arbeit genügen soll.

Eine Stereoheimstudioanlage, die nahezu den Studiobedingungen entspricht, also bessere Normen als die in Tabelle 3 angegebenen besitzt, zeigt Bild 5.

In der Tabelle 3 sind in der Spalte C'-G²⁾ die Pflichtenwerte des Herstellers dieser Anlage enthalten. Dabei sollen die Werte unter 2. und 6. noch durch Einführung eines Lautstärkeschalters, mit dem man die gegenwärtig noch zu großen Toleranzen von Doppelpotentiometern vermeiden kann, in absehbarer Zeit weiter verringert werden.

Die Werte zeigen, daß sich Seriengeräte

von Heimstudioanlagen tatsächlich mit einer der Gesamtkette entsprechenden Qualität fertigen lassen, so daß die bisherigen Normvorschläge als unzureichend angesehen werden können.

An dieser Stelle sollen daher unsere Betrachtungen abbrechen. Es ist, wie gezeigt werden sollte, nun Aufgabe der Rundfunkorganisationen - von OIRT, EBU, CCIR, IEC -, der nationalen Standardisierungsausschüsse sowie der Rundfunkempfängerindustrie, die Diskrepanzen im Übertragungskanal zu beseitigen und an eine Reduzierung der Toleranzen zu gehen, um überhaupt einmal die Voraussetzungen dafür zu schaffen, daß für den Rundfunkhörer eine echte Heimstudioqualität möglich ist.

Literatur

[1] Steinke, G.: Stereophonie - ein entscheidender Schritt zur Verbesserung der Wiedergabequalität im Heim. radio und fernsehen 12 (1963), H. 20 und 21

Fortsetzung der Literatur auf Seite 685

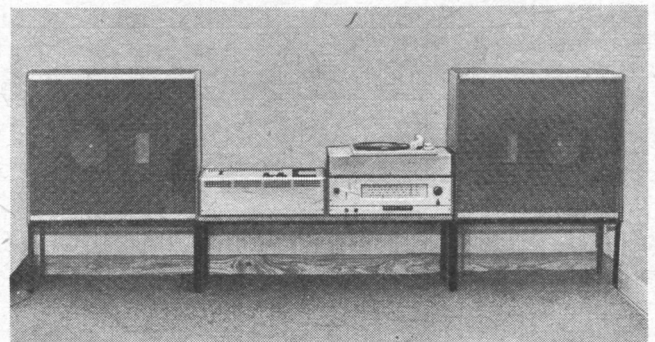


Bild 5: Stereoheimstudioanlage der Fa. Hempel, Limbach-Oberfrohn

- [2] Kösters, H.: Qualitätsfragen der Rundfunkübertragung. Techn. Hausmitt. NWDR 4 (1952), H. 7/8, S. 127
- [3] Keibs, L.: Der Stand der Stereofonietechnik, insbesondere der Rundfunkstereofonie. Wiss. Zeitschrift der TH Dresden (Sonderheft 2 von der Polytechnischen Tagung, Nov. 1960, S. 878-891)
- [4] Keibs, L.: Perspektiven für eine raumbezogene Rundfunkübertragung. Techn. Mitt. BRF 4 (1960), H. 2, S. 2-20, sowie Grave-saner Blätter 6 (1961), H. 23, S. 2-59
- [5] Steinke, G.: Subjektive Bewertung der Übertragungsqualität. Techn. Mitt. BRF 2 (1958), H. 2, S. 27-30, 36
- [6] Fletcher, H.: Basic Requirements of the Auditory Perspective. Journal of the SMPTE 61 (1953), S. 415
- [7] Keibs, L.: Möglichkeiten der stereo-ambiofonen Schallübertragung auf zwei Kanälen. Techn. Mitt. BRF 5 (1961), H. 3, S. 104-112
- [8] Keibs, L.: Zur Frage der kompatiblen stereo-ambiofonen Schallübertragung auf zwei Kanälen. Acustica 12 (1962), H. 2, S. 118 bis 124
- [9] Keibs, L.: Kompatible stereo-ambiofone Schallübertragung auf zwei Kanälen. radio und fernsehen 14 (1965), H. 11, S. 327
- [10] Keibs, L.: Stereo-Ambiofonie in Zweikanal-technik. Funkschau (1965), H. 23, S. 645-647
- [11] Steinke, G.: Maßnahmen zur Erreichung eines optimalen, monofonen Rundfunkübertragungsverfahrens. Techn. Mitt. BRF 4 (1960), H. 3, S. 21-32
- [12] Baer, K. H. und Seidel, W.: Qualitätsüberwachung der Tonsendernetze für Hörfunk und Fernsehen im Sendegebiet des Südwestfunks. Rundfunktechn. Mitt. 10 (1966), H. 1, S. 37 bis 41
- [13] OIRT-Dok. TK-V-154 revid. 2 (Jan. 1966) zur CCIR-Vollversammlung Oslo 1966
- [14] Hoeg, W. und Arnold, P.: Zur Frage der Auswirkung von Pegel- und Phasendifferenzen zwischen zwei Stereokanälen. Techn. Mitt. RFZ 7 (1963), H. 4, S. 171-178
- [15] Belger, E.: Über die Messung und Bewertung von Störgeräuschen. Techn. Hausmitt. NWDR (1953), S. 51-53
- [16] Shorter, Harwood and Manson: Stereophony: the effect of interchannel differences in the phase/frequency and amplitude/frequency characteristics. BBC-Monograph, Nr. 56, Dezember 1964
- [17] Schießer, H. und Jakubowski, H.: Der Einfluß von Phasen und Laufzeitunterschieden bei der Übertragung von Stereosignalen. Rundfunktechn. Mitt. 7 (1963), H. 3, S. 195 bis 199
- [18] OIRT-Dok. TK-V-94 vom September 1964
- [19] Nikaido, S.: Tolerable interchannel phase difference in stereophonic sound systems. NHK Technical Journal 17 (1965), H. 4, S. 1 bis 16, 55