

Quadrophonie mit dem SQ-System?

1. Raumübertragung mit vier Kanälen

Das Ziel einer elektroakustischen Übertragung läßt sich etwa kurz bezeichnen als eine technisch und künstlerisch optimale, als unverfälscht und angenehm empfundene Wiedergabe eines beliebigen Originalschallfeldes.

Zur Realisierung ist die bisherige stereophone Aufnahme- und Wiedergabetechnik deshalb wenig geeignet, weil sie nur die Abbildung eines vorderen akustischen Vorhanges erlaubt. Mit gewissen Einschränkungen kann damit nur der Direktschall einer Darbietung so transparent wiedergegeben werden, daß er als originalgetreu empfunden wird. Die Stereophonie ermöglicht günstigenfalls eine fiktive Verlagerung des aktiven Klangkörpers in den Wiedergaberaum, das heißt – anders ausgedrückt –, der hintere Teil des Originalraumes wird ersetzt durch den Wiedergaberaum. Diese Illusion, die Interpretation im Wohnraum geboten zu bekommen, unterscheidet sich aber besonders dann vom Originalklangserlebnis, wenn keine ausreichende akustische Ähnlichkeit zwischen Ursprungs- und Wiedergaberaum vorliegt. Die Reproduktion wird mit steigenden Abweichungen zwangsläufig unbefriedigender, weil durch „Fehlanspassung“ des Primärschalls an den Wiedergaberaum das Originalschallfeld nicht mehr nachgebildet werden kann und dadurch der ursprüngliche Räumlichkeitseindruck verlorengeht.

Die Konsequenz liegt nahe: Um das gesamte, von Reflexionen und Nachhall wesentlich bestimmte Klangerlebnis vermitteln zu können, muß statt der herkömmlichen Verlagerung des Orchesters in den Wiedergaberaum eine Versetzung des Hörers in den Ursprungsraum simuliert werden, ohne dabei die Eigenakustik des Wiedergaberaumes zu Hilfe zu nehmen.

Das dafür technisch vollkommenste Verfahren, die kopfbezügliche Stereophonie, erreicht tatsächlich die praktisch fehlerlose Abbildung eines beliebigen Hörerplatzes [1]. Jedoch sind für die Überführbarkeit der „kopfbezogenen“ Aufnahme in eine „raumbezogene“ Wiedergabe mit üblicher Lautsprecheranordnung bisher nur Vorschläge gemacht worden [2, 3] – ein wichtiger Grund dafür, daß die Kunstkopftechnik sich leider nur sehr langsam durchsetzt (am 3. 9. 1973 wurde über einen Berliner Sender die erste echte Raumübertragung durchgeführt).

Das kommerziell bisher bedeutendste Verfahren, die Quadrophonie [4, 5], muß als Erweiterung der bisherigen zweikanaligen Intensitätsstereophonie angesehen werden. Die zusätzlichen beiden rückwärtigen Kanäle er-

lauben auch hinter dem Hörer den Effekt der Summenlokalisation an Hand reiner Intensitätsunterschiede, so daß sich Phantomschallquellen ganz ähnlich der vorderen Stereo-Basis ergeben.

Aber seitlich des Hörers, zwischen den vorderen und hinteren Lautsprechern, ergeben sich auf diesem Wege aus hörpsychologischen Gründen keine fiktiven Schallquellen. Damit ist sofort eine wichtige Grenze des Verfahrens gegeben: Es ermöglicht keine vollständige Richtungsabbildung des Ursprungsraumes; seitliche Schallquellen können nicht richtungsgetreu wiedergegeben werden.

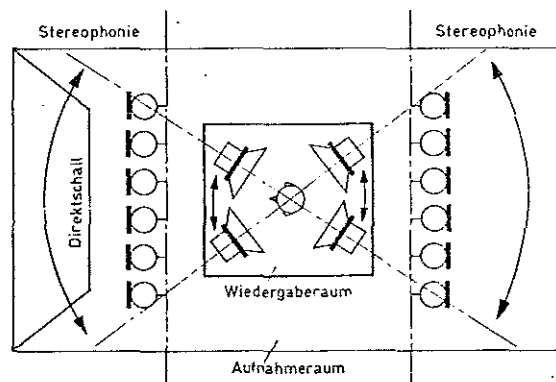
Der Gestaltungsbereich in der Quadrophonie beschränkt sich allgemein auf ein vorderes und ein hinteres

sonderen Interpretationen klassischer Musikwerke, bei Kompositionen mit Klangrichtungseffekten in der modernen Musik und Pop-Musik oder in der elektronischen Musik zur direkten Erzeugung plastischer Klangfelder.

Durch den Übergang von zwei auf vier Kanäle ist somit zweifellos eine Steigerung der Ausdruckskraft möglich. Jedoch lassen die Grenzen der Quadrophonie die Frage aufkommen, ob der erhebliche Mehraufwand gerechtfertigt ist. Besonders die Übertragung der vier Kanäle erfordert technische Verfahren, die zusätzliche Nachteile für die Quadrophonie bringen.

Das Problem liegt in der Notwendigkeit eines zur Intensitätsstereophonie kompatiblen und zweikanaligen Gesamtübertragungsweges. Weder das

Bild 1. 2 x Stereophonie = Quadrophonie



Bild, die beide im Wiedergaberaum geeignet miteinander korrespondieren (Bild 1).

Daraus folgt als weitere Einschränkung die Voraussetzung, daß jeder Hörer die gleiche definierte Richtungsorientierung einhält. Er darf sich nicht um 90° drehen, denn die Richtungsdarstellung wird völlig verfremdet, wenn ursprünglich vordere und hintere Abbildungen seitlich des Hörers liegen.

Insgesamt hängen die Wiedergabemöglichkeiten der Quadrophonie also ab von der Darbietung. Sie verschlechtern sich besonders in dem Maße, wie eine echte Rundumabbildung erforderlich wird. Die Übertragung eines musikalischen Kunstwerkes aus dem Konzertsaal gelingt zwar nicht mit der originalen Räumlichkeit, jedoch durchaus mit angenäherter Hörperspektive, weil das Verhältnis Direktschall/Nachhall befriedigend erhalten bleibt [6]. Bezüglich der Richtungsdarstellung kommt der Quadrophonie dabei die sehr geringe seitliche Lokalisationsschärfe des menschlichen Gehörs zugute.

Neben dieser ursprünglichen Aufgabe der Quadrophonie wird als zusätzliches interessantes Medium die künstlerische Anwendung der vier Kanäle erschlossen, wie zum Beispiel bei be-

reine Trägerverfahren (CD-4) noch die reinen Matrixverfahren (SQ, QS/RM) [7, 8] berücksichtigen ausreichend alle Übertragungsforderungen von Rundfunk, Schallplatte und Tonband, weil entweder die erforderliche Bandbreite oder der Informationsverlust zu groß wird.

Das von CBS entwickelte und mit großem Aufwand propagierte, für die Stereo-Übertragungsglieder theoretisch voll taugliche SQ-Matrixverfahren wird vielerorts als besonders günstiger Kompromiß angesehen, da ein wesentlicher Systemfehler sich scheinbar korrigieren läßt: Das durch die Matrix verursachte starke Übersprechen kann mit der sogenannten „Logik-Schaltung“ – laut Werbung – „reduziert oder ganz eliminiert werden“ [9].

Es soll nun der Frage nachgegangen werden, in welchen Grenzen die SQ-Technik Quadrophonie ermöglicht, welche Einschränkungen sich also zusätzlich ergeben, wenn neben Quadrophonie die SQ-Technik zur Verwirklichung der vorrangig gewünschten Raumübertragung eingesetzt wird.

2. Prinzip der SQ-Matrix-Übertragung

Die vier Quadrophonie-Signale L_v , R_v , R_h , L_h werden in einer Encoder-Ma-

Ing. (grad.) Günther Theile ist Mitarbeiter am Institut für Musik- und Kommunikationswissenschaften der Technischen Universität Berlin.

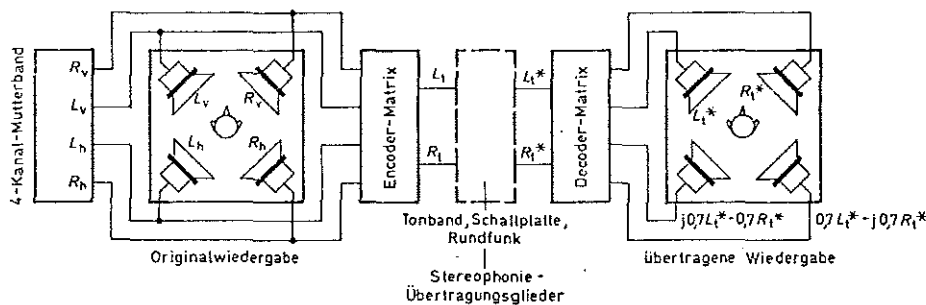


Bild 2a. SQ-Übertragungsprinzip von Quadrophonie-Signalen

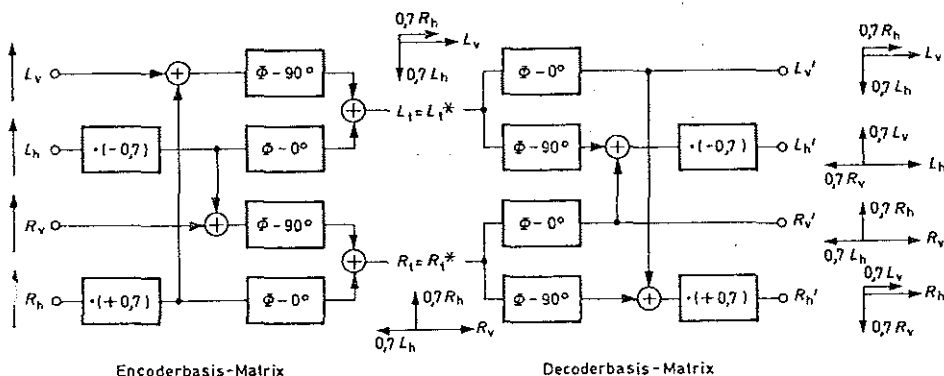


Bild 2b. Schema der Codierung und Decodierung mit Allpaßnetzwerken

trix¹⁾ verschlüsselt gemäß den Beziehungen

$$L_1 = L_v - j 0,7 L_h + 0,7 R_h$$

$$R_1 = R_v + j 0,7 R_h - 0,7 L_h$$

(0,7 steht für $\frac{1}{2} \sqrt{2}$). Über die Übertragungsglieder der Intensitätsstereophonie gelangt diese zweikanalige SQ-Information als L_1^* und R_1^* auf die Decoder-Matrix (Bild 2a), deren vier Ausgangssignale sich grundsätzlich beschreiben lassen mit den Gleichungen

$$L_v' = L_1^*$$

$$R_v' = R_1^*$$

$$R_h' = j 0,7 L_1^* - 0,7 R_1^*$$

$$L_h' = 0,7 L_1^* - j 0,7 R_1^*$$

Wird der Übertragungsweg zwischen Encoder und Decoder als ideal angenommen, dann ergeben sich aus $L_1^* = L_1$ und $R_1^* = R_1$ die Lautsprecher-signale (Bild 2b) zu

$$L_v' = L_v - j 0,7 L_h + 0,7 R_h$$

$$R_v' = R_v + j 0,7 R_h - 0,7 L_h$$

$$R_h' = R_h - j 0,7 R_v + 0,7 L_v$$

$$L_h' = L_h + j 0,7 L_v - 0,7 R_v$$

Charakteristisch daran sind folgende Eigenschaften:

1. Die Matrix ist asymmetrisch bezüglich der Kanaltrennung; sie ist so angelegt, daß zwischen den vorderen beziehungsweise hinteren Kanälen kein seitliches Übersprechen auftritt.
2. Das Signal eines vorderen beziehungsweise hinteren Kanals tritt mit definierten Phasenlagen und um 3 dB gedämpft in beiden hinteren beziehungsweise vorderen Kanälen auf.
3. Die paarweise auftretenden Übersprechsignale aus einem Kanal sind

¹⁾ In diesem Beitrag wird stets an Stelle der bei uns meistens üblichen Bezeichnung „Coder“ der englische Ausdruck „Encoder“ verwendet.

um 90° gegeneinander phasenverschoben.

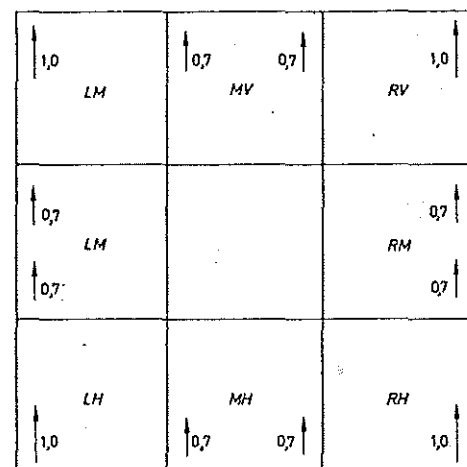
Das theoretische Übertragungsergebnis ist übersichtlich im Bild 3 dargestellt. Die Pegel- und Phasenbeziehungen sind auch für die vier Mittenrichtungen eingetragen. Man erkennt, daß die Kanaltrennung zwischen einem vorderen und hinteren Mittensignalspaar („Front-Back“) 0 dB und zwischen rechts und links 4,8 dB beträgt, daß außerdem die beiden unerwünschten Signale immer genau gegenphasig vorliegen.

Die angegebenen Phasenlagen sind relativ zueinander zu verstehen, weil die Codierung – Decodierung mit Allpaßnetzwerken durchgeführt wird (Bild 2b). Die hier erforderlichen 90°-Verschiebungen resultieren aus einer frequenzunabhängigen Differenz der frequenzabhängigen Phasengänge entsprechender Allpässe (Bild 4).

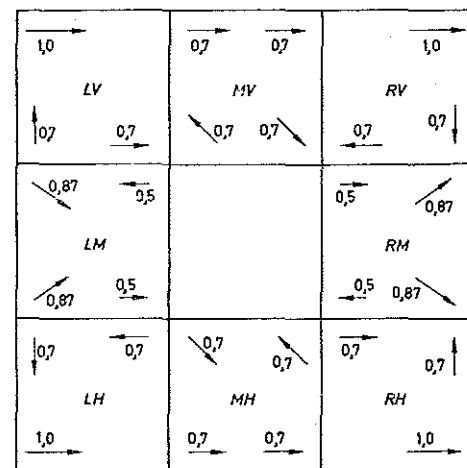
3. Nachteile des Systems

Die bisher stillschweigende Voraussetzung des idealen Übertragungsweges trifft in der Praxis natürlich in keiner Weise zu. Der besondere Vorzug des Systems soll ja gerade darin liegen, daß alle gewöhnlichen Stereo-Übertragungsglieder für SQ-Signale benutzt werden können.

Bezüglich der Phasengenauigkeit stellt die SQ-Übertragung aber wesentlich höhere Anforderungen als die Stereophonie-Übertragung. Die Phasentoleranzen in der Stereophonie orientieren sich nach Hörbarkeit [12] und nach Kompatibilitätsforderungen [13]. Auf Grund derartiger Untersuchungen geben die Empfehlungen der UER als zulässige Grenze einer Übertragungskette einen Wert an von $\Delta\varphi = 45^\circ$ im Bereich zwischen 200 und 2500 Hz und $\Delta\varphi = 90^\circ$ bei hohen und tiefen Frequenzen. Diese Daten werden sogar im Studiobetrieb meistens überschritten;



(a) Originalsignale



(b) Übertragene Signale

Bild 3. Acht Quadrophonie-Richtungsdarstellungen vor und nach SQ-Codierung – Decodierung, a) Originalsignale, b) übertragene Signale

allein eine hochwertige Studio-Magnettonanlage erzeugt infolge unvermeidbarer Spalt- und Vormagnetisierungsungenauigkeiten schon Phasenverzerrungen in der Größenordnung der Gesamtteranz [14]. Solche Verhältnisse führen zu der Erkenntnis, daß ein am SQ-Decoder der

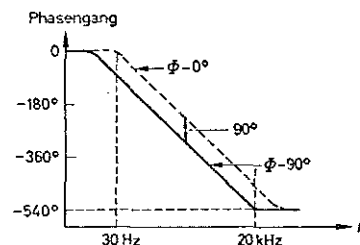


Bild 4. Erzeugung relativer 90°-Phasendrehungen über zwei Allpässe

Heimanlage vorliegendes Signalspaar mit Phasenfehlern $\Delta\varphi = 90^\circ$ behaftet sein kann. Das Übertragungsergebnis für diesen noch praxisgerechten Fall $L_1^* = L_1$ und $R_1^* = j R_1$ ist im Bild 5 dargestellt. Die resultierenden Intensitäts- und Phasenverhältnisse ergeben völlig falsche Richtungsdarstellungen.

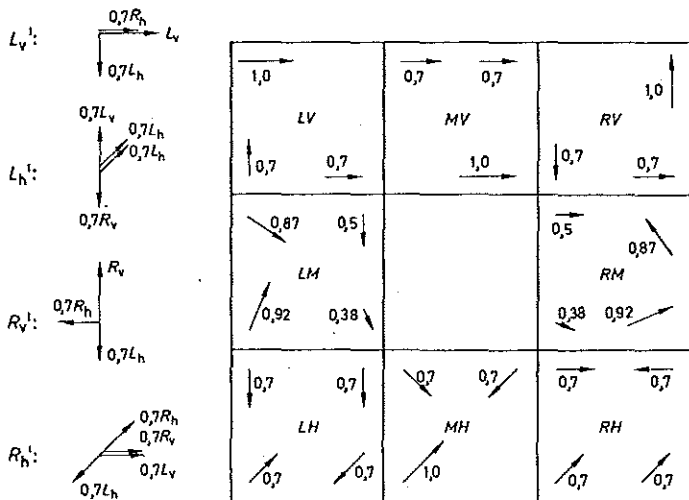
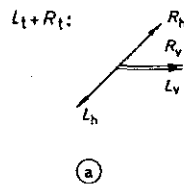


Bild 5. SQ-Übertragungsergebnisse für den Fall $L_t^* = L_t$ und $R_t^* = jR_t$



(b)

0 dB	+3 dB	0 dB
LM	MV	RM
-5,3 dB		+2,3 dB
LM		RM
0 dB	-∞	0 dB
LH	MH	RH

Bild 6. Das Mono-Signal (a) und sein Wiedergabepiegel (b) in Abhängigkeit von acht ursprünglichen Schallquellenrichtungen

Wie extrem empfindlich SQ-Matrixsignale gegenüber Phasenfehlern sind, zeigt folgendes Beispiel: Dürften die bei der Übertragung auftretenden Pegeldifferenzen in den Wiedergabekanälen nicht größer werden als in der Stereophonie ($\Delta L = 1$ dB), dann müßte die Phasentoleranz der beiden Übertragungskanäle von $\Delta\varphi = 45^\circ$ auf $\Delta\varphi = 11^\circ$ eingeengt werden. Würde andererseits die Grenze $\Delta\varphi = 45^\circ$ tatsächlich eingehalten werden, so ergäben sich am Ausgang des SQ-Decoders immer noch Pegelfehler bis zu $\Delta L = 6$ dB.

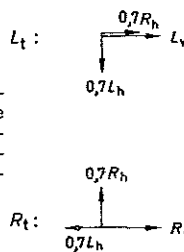
Die Tatsache, daß die Signale nur noch um 90° auseinanderliegen und daß ihre linearen Verzerrungen zusätzlich von Phasenverzerrungen der Übertragungskanäle verursacht werden, verhindert also die problemlose Benutzung einer intensitätsorientierten Stereo-Übertragungskette für SQ-Signale.

Der zweite Mangel ist in systemtheoretischen Gesetzmäßigkeiten begründet. Die in der Matrix angewandten Allpässe sind lineare Übertragungssysteme mit reinen Phasenverzerrungen. Diese Verzerrungen verändern das Spektrum eines Eingangssignals zeit- und frequenzabhängig derart, daß im Ausgangssignal „alle Frequenzen bis zu den höchsten nacheinander auftretenden und jede Frequenz in dem Zeitpunkt erscheint, der gleich der Gruppenlaufzeit für diese Frequenz ist“ [15]. Mit anderen Worten: impulsförmige Signale werden stark verzerrt; Rechteckdurchgänge sind als solche nicht wiederzuerkennen. Das Matrixverfahren zerstört genau die Eigenschaft einer guten Übertragungskette, die an anderer Stelle als besonderes Qualitätsmerkmal stolz hervorgehoben wird. Das Impulsverhalten einer SQ-Einrichtung ist schlechter als das eines normalen dynamischen Lautsprechers.

Ein weiterer Mangel ergibt sich bei Betrachtung der Kompatibilität. Das Mono-Signal

$$\begin{aligned} L_t^* + R_t^* &= L_v - j 0,7 L_h + 0,7 R_h + R_v + j 0,7 R_h - 0,7 L_h \\ &= L_v + R_v - 0,7 (1 + j) L_h + 0,7 (1 + j) R_h \end{aligned}$$

Bild 7. Die Stereo-Signale und ihre Werte in Abhängigkeit von acht ursprünglichen Schallquellenrichtungen



enthält die rückwärtigen Anteile genau gegenphasig (Bild 6a). Sie heben sich also entsprechend ihrem Pegelunterschied im Kohärenzfall auf; liegen sie vor als hinteres Mittensignal MH mit $L_h = R_h$, dann tritt Auslöschung ein. Die Pegel der Seitensignale sind ebenfalls abhängig von der ursprünglichen Schallquellenrichtung. Hierbei ist zu beanstanden, daß das Kompatibilitätsverhalten nur der rechten Seite annähernd einer normalen Stereo-Basis entspricht und auf der linken Seite dagegen eine Dämpfung auftritt (Bild 6b).

Die beiden Stereo-Signale

$$\begin{aligned} L_t &= L_v - j 0,7 L_h + 0,7 R_h \\ R_t &= R_v + j 0,7 R_h - 0,7 L_h \end{aligned}$$

ergeben in der Summe der beiden abgestrahlten Leistungen zwar einen konstanten Pegel, jedoch müssen für vollständige Kompatibilität hier auch die ursprünglichen Seitenrichtungen erhalten bleiben. Das trifft aber nur für die vordere Lautsprecherbasis zu (Bild 7). Alle ursprünglichen Schallquellen außerhalb dieser Basis erscheinen im stereophonen Richtungsbild verfälscht und unpräzise; teilweise sind sie überhaupt nicht eindeutig ortbar. Der dazu von den Entwicklern angegebene hörpsychologische Effekt einer fiktiven Spiegelung der rückwärtigen Schallquellen an der vorderen Lautsprecherbasis („Mirror

1,0	0,7	0,7	1,0
LV	MV		RV
0,87	0,5		0,5
LM			RM
0,7	0,7	0,7	0,7
LH	MH		RH

Image“) [10], der dem Hörer den Eindruck vermitteln soll, er befände sich außerhalb der Quadrophonieranordnung, gibt die stereophonen Wiedergabeverhältnisse zumindest stark idealisiert wieder.

Insgesamt muß also festgestellt werden, daß die SQ-Signale nur beschränkt kompatibel sind. Der Informationsanteil der hinteren Kanäle wird stark verfremdet wiedergegeben, im Mono-Signal durch richtungsabhängige Pegel und in den Stereo-Signalen durch falsche Intensitäts- und Phasenbeziehungen. Diese Fehler wiegen in der Praxis nur dann nicht schwer, wenn der rückwärtige Informationsanteil inkohärenten Charakter hat.

Der vierte grundlegende Mangel ist natürlich die schlechte Kanaltrennung, die theoretisch zwischen 0 und 3 dB liegt (Bild 3b) und praktisch sicherlich noch geringer ausfällt. Betrachtet man die Übertragungsergebnisse hinsichtlich der abgestrahlten Leistung, so ist die Summe der Nutzanteile des Gesamtpegels gleich der Summe der Übersprechanteile bei allen darzustellenden vorderen oder rückwärtigen Schallquellenrichtungen (Übersprechwert 0 dB); seitliche Abbildungen erreichen einen Übersprechwert von -4,8 dB.

Eine weitere charakteristische Matrixeigenschaft ergibt sich als Folge dieser

$\begin{array}{c} \rightarrow 1,0 \\ \uparrow 0,7 \end{array}$ $\begin{array}{c} \rightarrow 0,7 \\ \uparrow 0,7 \end{array}$ LV	$\begin{array}{c} \rightarrow 0,7 \quad \rightarrow 0,7 \\ \swarrow 0,7 \quad \searrow 0,7 \end{array}$ MV	$\begin{array}{c} \rightarrow 1,0 \\ \uparrow 0,7 \end{array}$ $\begin{array}{c} \rightarrow 0,7 \\ \uparrow 0,7 \end{array}$ RV
$\begin{array}{c} \swarrow 0,92 \quad \searrow 0,38 \\ \swarrow 0,92 \quad \searrow 0,38 \end{array}$ LM		$\begin{array}{c} \swarrow 0,38 \quad \searrow 0,92 \\ \swarrow 0,38 \quad \searrow 0,92 \end{array}$ RM
$\begin{array}{c} \rightarrow 0,7 \\ \uparrow 1,0 \end{array}$ $\begin{array}{c} \rightarrow 0,7 \\ \uparrow 0,7 \end{array}$ LH	$\begin{array}{c} \rightarrow 0,7 \quad \rightarrow 0,7 \\ \swarrow 0,7 \quad \searrow 0,7 \end{array}$ MH	$\begin{array}{c} \rightarrow 0,7 \\ \uparrow 1,0 \end{array}$ $\begin{array}{c} \rightarrow 0,7 \\ \uparrow 0,7 \end{array}$ RH

Bild 8. Übertragungsergebnisse mit Position-Encoder

schlechten Kanaltrennung: Die Signale der diagonal gegenüberliegenden Kanäle müssen von unterschiedlichen Schallquellen herrühren. Denn sobald die Signalaare L_v/R_h beziehungsweise R_v/L_h kohärente Anteile enthalten, entsteht Intensitätsminderung in den Kanälen R_v/L_h (maximal -10,6 dB) und Intensitätsanstieg in den Kanälen L_v/R_h (maximal +4,6 dB), so daß dadurch erstens in der Gesamtleistung Abweichungen zwischen -5,3 dB und +2,3 dB auftreten und zweitens die entsprechenden Schallquellenabbildungen entstellt werden. Solchen Übertragungsfehlern kann man zwar in der Praxis vorbeugen, indem vor der Codierung die unerwünschten Kohärenzen über Allpaß- oder Laufzeitglieder beseitigt werden [16], jedoch sind das nachteilige Hilfsmaßnahmen, die den Fehler einer gegenseitigen Signalbeeinflussung nicht beheben.

Sehr hohe Phasenempfindlichkeit, schlechte Impulsübertragung, beschränkte Kompatibilität und unbefriedigende Kanaltrennung sind prinzipielle Nachteile des SQ-Systems, die sich kaum oder gar nicht korrigieren lassen. Besondere Encoder- oder Decoder-Techniken können nur dem Ziel dienen, die hörbaren Auswirkungen zu unterdrücken. Derartige Möglichkeiten beschränken sich aber vorwiegend auf den Nachteil mangelnder Kanaltrennung.

4. Korrektur der Übersprechwerte

Die geringe Übersprechdämpfung wird zum Teil auf der Encoder-Seite, hauptsächlich aber decoderseitig erhöht [17].

Als Encoder kommt zu diesem Zweck – und wegen anderer Vorteile – nicht die beschriebene Codier-Matrix, sondern ein sogenannter „Position-Encoder“ zum Einsatz. Im Gegensatz zur Matrix, die vier fertige Quadrophonie-Kanäle pauschal codiert, verarbeitet der in den Mischprozeß integrierte Position-Encoder alle Aufnahmesignale in Abhängigkeit von den darzustellenden Schallquellenrichtungen dergestalt, daß bei allen Abbildungen in der vorderen und rückwärtigen Lautsprecherbasis der normale SQ-Code eingehalten wird und bei seitlichen Darstellungsbereichen ein modifizierter Code

zum Tragen kommt. Dieser „Position-Code“ bewirkt neben einer günstigeren Mono-Kompatibilität die Vergrößerung der Übersprechdämpfung Seite – Seite von 4,8 dB auf 7,7 dB (vgl. Bild 3b mit Bild 8).

Decoderseitig werden die definierten Phasenlagen der Übersprechsignale auf verschiedene Weise und mit unterschiedlichem elektronischen Aufwand ausgenutzt. Drei Funktionsgruppen, die einzeln oder kombiniert Anwendung finden, sind dabei zu unterscheiden:

1. Blend Matrix,
2. Logic Blend Control,
3. Logic Gain Control.

Alle Blend-Matrix-Versionen nutzen den Umstand der theoretisch unendlich hohen Kanaltrennung zwischen den vorderen beziehungsweise den hinteren Kanälen, indem durch zusätzliche Mischung der decodierten Signale diese „übertriebene“ Übersprechdämpfung zugunsten der Front-Back-Dämpfung verringert wird. Das ist möglich, weil die Übersprechsignale der Mitteninformationen MV oder MH immer gegenphasig auftreten (Bild 8). Die Ausgangssignale einer (aktiven) Blend-Matrix lauten einfach

$$R_v'' = R_v' + a \cdot L_v'$$

$$L_v'' = L_v' + a \cdot R_v'$$

$$R_h'' = R_h' + b \cdot L_h'$$

$$L_h'' = L_h' + b \cdot R_h'$$

wobei die Faktoren a und b die vorderen und hinteren prozentualen Mischungsverhältnisse festlegen (Bild 9). In den meisten Schaltungen ist $a = 0,1$ bis $0,2$ und $b = 0,1 \dots 0,4$; außerdem wird oft $a < b$ gewählt, da die vordere Kanaltrennung wichtiger scheint als die hintere. Als Beispiel sei das theoretische Übertragungsergebnis für $a = 0,1$ und $b = 0,2$ („10-20 Blend“), gültig für Position-Codierung, im Bild 10 angegeben. Man ermittelt daraus eine Verbesserung der MV-MH-Übersprechdämpfung von 0 dB auf rund 2,5 dB; alle anderen Werte sind schlechter geworden (vgl. Bild 8). Dieser Kompromiß kann natürlich beliebig gesteigert werden, jedoch liegt die sinnvolle Grenze bei 10-40-Blend, womit sich für alle Übersprechdämpfungen außerhalb der vorderen Stereo-Basis Werte von 2,5 dB bis 8 dB ergeben und zwischen L_v' und R_v' ein Wert von 20 dB erhalten bleibt. (Schluß folgt)

Schrifttum

- [1] Wilkens, H.: Kopfbezügliche Stereophonie – ein Hilfsmittel für Vergleich und Beurteilung verschiedener Raumeindrücke. *Acustica* Bd. 26 (1972) Nr. 4, S. 213–221
- [2] Damaske, P., u. Mellert, V.: Ein Verfahren zur richtungsgetreuen Schallabbildung des oberen Halbraumes über 2 Lautsprecher. *Acustica* Bd. 22 (1969/70) Nr. 3, S. 153 bis 162
- [3] Wilkens, H., Plenge, G., u. Kürer, R.: Wiedergabe von kopfbezogenen, stereophonen Signalen durch Lautsprecher. AES-Convention, Köln 1971
- [4] Williges, H.: Quadrophonie – ja oder nein? *FUNK-TECHNIK* Bd. 26 (1971) Nr. 16, S. 587–589, u. Nr. 17, S. 635–638
- [5] Kühn, H.-R.: Quadrophonie – ein neues Musikerlebnis. *FUNK-TECHNIK* Bd. 27 (1972) Nr. 23, S. 859–863, u. Nr. 24, S. 899–900
- [6] Keibls, L.: Möglichkeiten der Stereo-Ambiofonen Schallübertragung auf 2 Kanälen. *Acustica* Bd. 12 (1962) Nr. 2, S. 118–124

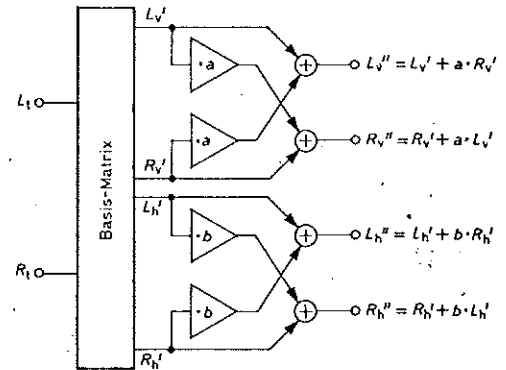


Bild 9. Blend-Matrix

$\begin{array}{c} \rightarrow 1,0 \quad \rightarrow 0,1 \\ \uparrow 0,73 \quad \uparrow 0,73 \end{array}$ LV	$\begin{array}{c} \rightarrow 0,78 \quad \rightarrow 0,78 \\ \swarrow 0,56 \quad \searrow 0,56 \end{array}$ MV	$\begin{array}{c} \rightarrow 1,0 \quad \rightarrow 0,1 \\ \uparrow 0,73 \quad \uparrow 0,73 \end{array}$ RV
$\begin{array}{c} \swarrow 0,92 \quad \searrow 0,39 \\ \swarrow 0,95 \quad \searrow 0,42 \end{array}$ LM		$\begin{array}{c} \swarrow 0,39 \quad \searrow 0,92 \\ \swarrow 0,42 \quad \searrow 0,93 \end{array}$ RM
$\begin{array}{c} \rightarrow 0,71 \quad \rightarrow 0,2 \\ \uparrow 1,0 \quad \uparrow 0,2 \end{array}$ LH	$\begin{array}{c} \rightarrow 0,85 \quad \rightarrow 0,85 \\ \swarrow 0,64 \quad \searrow 0,64 \end{array}$ MH	$\begin{array}{c} \rightarrow 0,71 \quad \rightarrow 0,2 \\ \uparrow 1,0 \quad \uparrow 0,2 \end{array}$ RH

Bild 10. Übertragungsergebnisse für Position-Encoder und 10-20-Blend-Matrix

- [7] SQ – ein neues Quadrophonie-Schallplatensystem. *FUNK-TECHNIK* Bd. 26 (1971) Nr. 16, S. 590
- [8] Schmidt, U.: Die Technik der Quadrophonie. *FUNK-TECHNIK* Bd. 28 (1973) Nr. 16, S. 572–573, 576, Nr. 17, S. 647, 650–651, Nr. 18, S. 685, 688, Nr. 19, S. 727–728, u. Nr. 22, S. 874
- [9] Quadrophonie, Matrix SQ, was ist das? Informationsschrift der Sony GmbH
- [10] Bauer, B., Gravereaux, D., u. Gust, A.: A compatible stereo-quadrophonic record system. *J. Audio Eng. Soc.* Bd. 19 (1971) Nr. 8, S. 638–646
- [11] Bauer, B.: Discrete vs. SQ matrix quadrophonic disc. *Audio* Bd. 65 (1972) Nr. 7, S. 19–27
- [12] Schiesser, H., u. Jakubowski, H.: Der Einfluß von Phasen- und Laufzeitunterschieden bei der Übertragung von Stereosignalen. *Rundfunktechn. Mitt.* Bd. 7 (1963) S. 195–199
- [13] Hoeg, W., u. Steinke, G.: Stereophonie-Grundlagen, S. 69 ff. Berlin 1972, VEB Verlag Technik
- [14] Gerber, W.: Spaltneigung und Phasendifferenzen bei stereophonen Magnettonaufzeichnungen. *INTERNATIONALE ELEKTRONISCHE RUNDSCHAU* Bd. 20 (1969) Nr. 6, S. 370, 372, 375
- [15] Küpfmüller, K.: Die Systemtheorie der elektrischen Nachrichtenübertragung, S. 82. Stuttgart 1968, Hirzel
- [16] Bauer, B., Budelman, G. u. Gravereaux, D.: Recording techniques for SQ matrix quadrophonic discs. *J. Audio Eng. Soc.* Bd. 21 (1973) Nr. 1, S. 19–26
- [17] Bauer, B., Allen, R., Budelman, G., u. Gravereaux, D.: Quadrophonic matrix perspective – Advances in SQ encoding and decoding technology. Mitteilung der CBS-Laboratories, 1973
- [18] Sony-Service-Manual für „SQ-A-200“
- [19] Deutsche Patentschriften Nr. 2 126 480, 2 139 098

Die konsequente Weiterentwicklung des Decoders führt zum „variablen Kompromiß“, bei dem die Mischfaktoren a und b keine festen Größen sind, sondern programmabhängig die Übersprechverhältnisse steuern (Logic Blend Control). Die dafür erforderliche logische Information (Front-Back-Information) kann aus einem Vergleich zwischen $|L_1 + R_1|$ und $|L_1 - R_1|$ nach Bild 11 abgeleitet werden. Eine solche

wünschte Betonung des Signalschwerpunktes bewirken. Die logischen Informationen dafür werden wieder von L_i und R_i abgeleitet. Sie bestehen entweder aus der sogenannten „Wave-Matching“-Information oder aus der bekannten Front-Back-Information oder aber aus Kombinationen davon. Die Front-Back-Information kann also für Logic Blend Control und/oder Logic Gain Control benutzt werden; geschieht das nur für Gain-Control-Funktionen, bleiben die Mischfaktoren a und b konstant und klein, so daß in dem Fall alle wesentlichen Übersprechverbesserungen der Matrix auf Logic Gain Control zurückzuführen sind.

Die Wave-Matching-Information bewirkt in Verbindung mit Gain Control, daß das Übersprechen zwischen vorn und hinten auch dann klein bleibt, wenn ein reines L_+ , R_+ , L_- oder R_- Signal vorliegt, wenn also die Blend-Technik wirkungslos ist (Bilder 8, 11). Das Prinzip wird klar am konkreten Beispiel des Sony-Decoders „SQD-2020“ [20].

Er besteht aus der Basis-Matrix, einer 10-20-Blend-Matrix und aus Gain Control, gesteuert über Front-Back- und Wave-Matching-Logic (Bild 13). Eine W-M-Hilfsmatrix erzeugt aus L_i und R_i zwei Signalaare; im ersten sind die R_v - und L_v -Anteile um 90° und alle anderen um 180° oder 0° , im zweiten die R_h - und L_h -Anteile um 90° und alle anderen um 180° oder 0° phasenverschoben. Aus jedem Signalaar wird über Doppelweggleichrichter eine Differenz gebildet, die nur gleich Null ist für alle gleich- oder gegenphasigen Anteile, so daß aus dem Vergleich beider Differenzen die Information hervorgeht, ob das Signal in einem vorderen oder hinteren Kanal anliegen soll. Diese Wave-Matching-Information wird zu der Front-Back-Information addiert. Aus der Gesamtinformation resultiert dann ein Steuersignalaar, das unabhängig von der Richtung einer Schallquelle zur ausreichenden Unterdrückung ihrer vorderen oder hinteren Übersprechanteile führt. Die im Sony-Prospekt angegebenen Daten lauten:

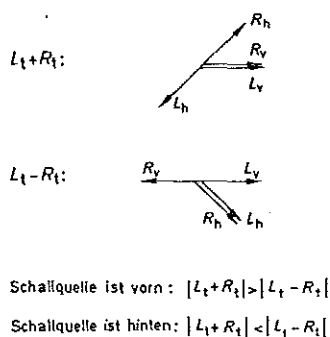


Bild 11. Front-Back-Information

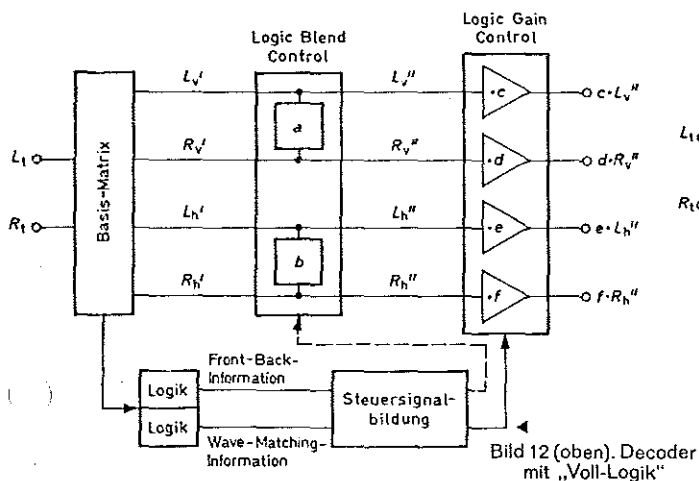


Bild 12 (oben). Decoder mit „Voll-Logik“

dynamische Blend Matrix erzeugt damit ein Übersprechen nur zwischen L_v' und R_v' , wenn der Signalschwerpunkt hinten liegt, und nur zwischen L_h' und R_h' , wenn er vorn liegt; aber a und b sind gleich Null oder klein ($< 0,1$) bei seitlichen Schallquellen. Weil also nur zweckdienliches Zusatzübersprechen auftritt, können die Maximalwerte der variablen Mischfaktoren hochliegen, so daß für die Front-Back-Dämpfung 10 dB und mehr erreichbar sind ohne wesentliche Abweichung von den übrigen Eigenschaften der Basis-Matrix [18].

Allen weiteren Schritten zur elektrophysikalischen Korrektur der Übersprechwerte liegt gemeinsam das Prinzip des Logic Gain Control [19] zugrunde (Bild 12). Hier sind die Kanaldämpfungsfaktoren c, d, e, f zunächst voneinander unabhängige Stellgrößen, die mittels geeigneter Steuersignale die ge-

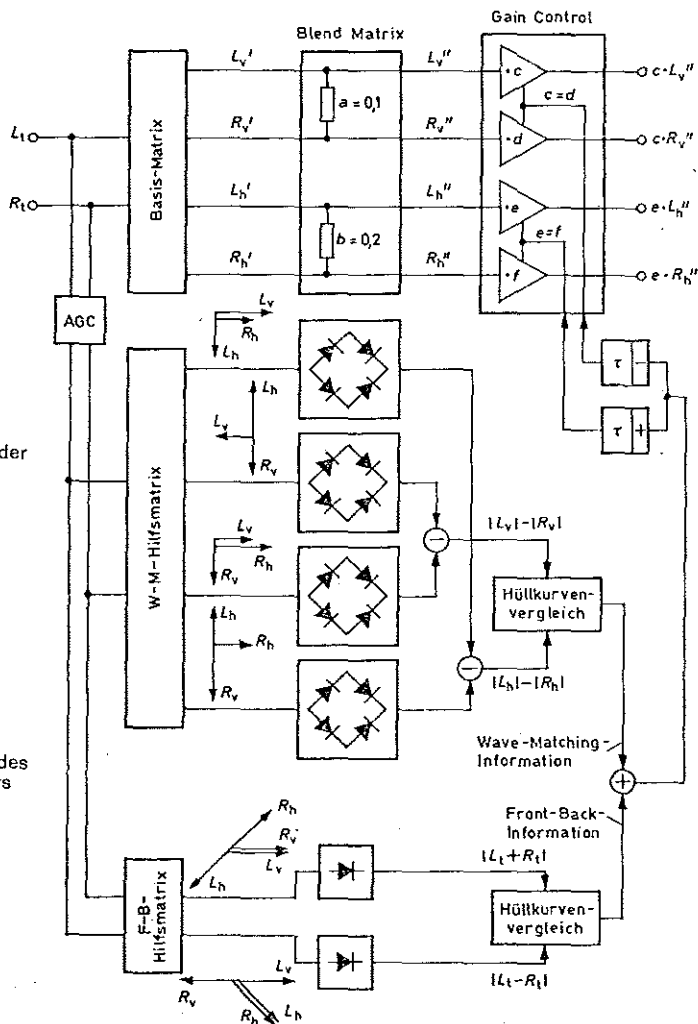


Bild 13. Prinzip des Sony-SQ-Decoders „SQD-2020“

Übersprechdämpfung:

Stereo-Frontkanäle:	20 dB
Rückkanäle:	14 dB
Vor/Rück:	20 dB
Mitte Front/Mitte Rück:	15 dB
Diagonal:	20 dB

5. Nachteile der Übersprechkorrekturen

Übersprechdämpfungsmaße in dieser Größenordnung lassen normalerweise auf gehörmäßig befriedigende Kanaltrennung schließen, denn nach entsprechenden Untersuchungen für Stereophonie [21] bringt ein Übersprechen von -22 dB selbst im kritischsten Frequenzbereich noch keine Qualitätsbeeinträchtigung (Bild 14).

Jedoch bezeichnen solche Decoder-Angaben, die mittels gesteuerter Misch- beziehungsweise Dämpfungsfaktoren erreicht werden, natürlich nur Maximalwerte der Übersprechdämpfung, die keine echte Qualitätsbeurteilung zulassen. Drei hörbare Mängel resultieren aus dem programmabhängigen Übersprechen (unter der Voraussetzung, daß das dynamische Verhalten der Schaltung nur unbedeutende Nachteile mit sich bringt):

1. Das Verhältnis zwischen Nutzanteil und Übersprechanteil der Gesamtleistung hängt bei allen bekannten Decodern mit modifizierter Matrix von der

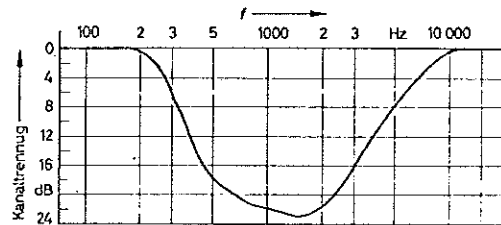


Bild 14. Kanaltrennung, die bei Stereophonie-Wiedergabe gerade noch keine hörbare Qualitätsminderung verursacht

Richtung der darzustellenden Schallquelle ab. Im Falle des „SQD-2020“ variieren die Übersprechdämpfungsmaße zwischen 20 dB und 7,7 dB, woraus sich Unterschiede in der Gesamtübersprechleistung von 10 dB errechnen lassen. Ein kreisendes Originalsignal erzeugt einen Gesamtpegel, der zwischen einfacher und fast doppelter Leistung schwankt; die Richtungsempfindung wird verfremdet.

2. Die Übersprechdämpfung erreicht ihren Maximalwert nur in den Fällen, wo ein eindeutig vorderer oder hinterer Signalschwerpunkt vorliegt, zum Beispiel bei Wiedergabe einer einzigen Schallquelle. Liegen vorn und hinten verschiedene Schallquellen mit gleicher Intensität vor, dann bleibt die elektronische Korrektur praktisch ohne Wirkung; die Übersprechdämpfung kann dann 0 dB betragen. Zwei beliebige, gegenüberliegend kreisende Signale sind nicht übertragbar.

3. Die elektronische Korrektur beeinflusst pauschal entweder alle vorderen oder alle hinteren Signale. Besonders starke Rückwirkungen treten bei Decodern mit Gain Control auf, denn hier erfolgt die Dämpfung nicht mehr durch Ausblendung des kohärenten Anteils, so daß selbst die Intensitätsverteilung der inkohärenten Anteile abhängig ist vom Standort einer Schallquelle. Sollte zum Beispiel ein Sprecher, der sich vor dem Hörer in einem halligen Raum aufhält, übertragen werden, so würde durch die Decoder-Logik der rückwärtige Nachhall während der Sprechpausen ungedämpft, während des Sprechens aber gedämpft wiedergegeben werden; der Nachhall würde „springen“. Zu diesem Punkt gehört auch die Erscheinung eines programmabhängigen Rauschens. SQ-Übertragungsglieder müssen extrem rauscharm sein, weil die Wirkung des Gain Control die Lästigkeit eines Störgeräusches stark heraufsetzt.

Die dynamischen Decoder erreichen zwar bei manche Fälle eine hohe Übersprechdämpfung, jedoch erfolgt das bei nach wie vor schlechter Kanaltrennung. Eine Unabhängigkeit der Kanäle kann mit keiner Logik erreicht werden. Ob sie hinreichend simulierbar ist, bleibt sicherlich eine Frage der Ansprüche und nicht des praktischen Aufwandes, denn hörbare Rückwirkungen einer ausreichenden nachträglichen Übersprechkorrektur sind unvermeidbar. Die beschriebenen drei Mängel sind stark hörbar, und sie können decoderseitig mit erhöhtem

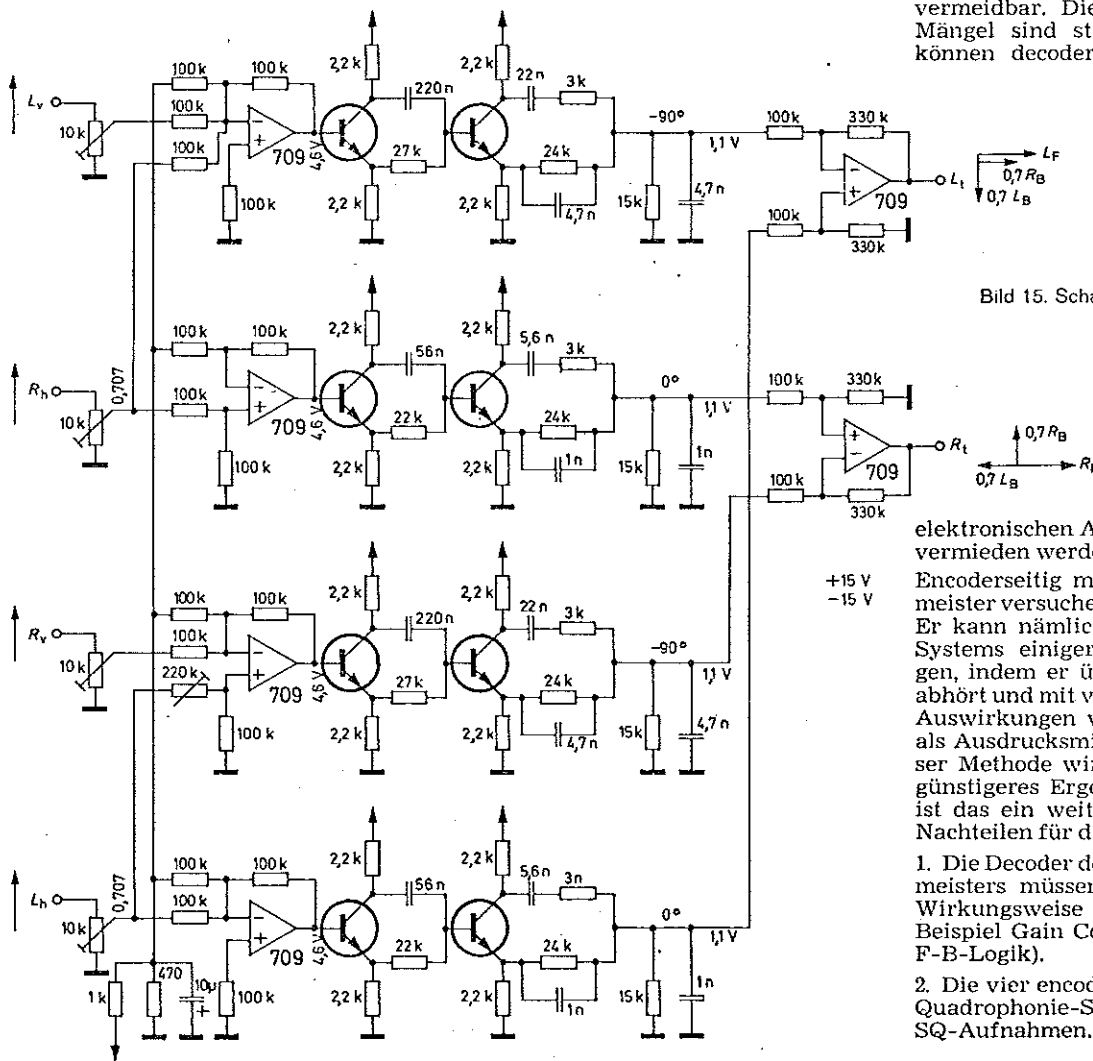


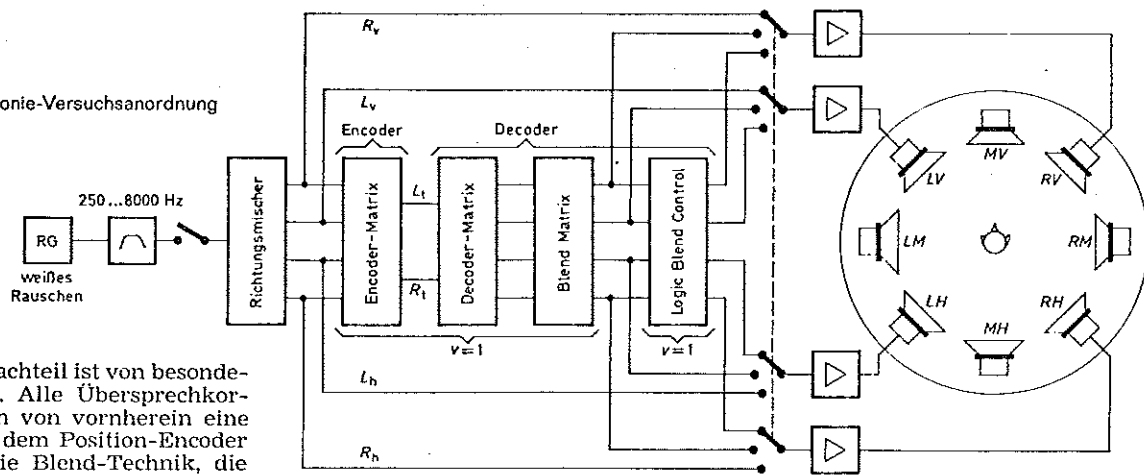
Bild 15. Schaltung der Encoder-Matrix

elektronischen Aufwand nur teilweise vermieden werden.

Encoderseitig muß deshalb der Tonmeister versuchen, sie zu umgehen [16]. Er kann nämlich die Eigenarten des Systems einigermaßen berücksichtigen, indem er über Encoder-Decoder abhört und mit viel SQ-Erfahrung den Auswirkungen vorbeugt oder sie gar als Ausdrucksmittel einsetzt. Mit dieser Methode wird zunächst zwar ein günstigeres Ergebnis erreicht, jedoch ist das ein weiterer Kompromiß mit Nachteilen für die Kompatibilität:

1. Die Decoder der Hörer und des Tonmeisters müssen gleiche prinzipielle Wirkungsweise aufweisen (zum Beispiel Gain Control mit W-M- und F-B-Logik).
2. Die vier encoderseitig vorliegenden Quadrophonie-Signale sind spezielle SQ-Aufnahmen.

Bild 16. Quadrophonie-Versuchsanordnung



Ein weiterer Nachteil ist von besonderer Bedeutung. Alle Übersprechkorrekturen setzen von vornherein eine Codierung mit dem Position-Encoder voraus, weil die Blend-Technik, die Front-Back-Information und auch die Wave-Matching-Information nur dann keine Fehler bei Darstellung seitlicher Schallquellen verursachen, wenn die Codierung nach Bild 8 entsprechend von der Basis-Codierung abweicht. Die zu übertragenden Aufnahmen müssen also hergestellt werden unter Einsatz des Position-Encoders; Mischpulttechnik und Übertragungstechnik hängen beim Produktionsprozeß eng zusammen. Neutrale, fertig abgemischte 4-Kanal-Programme werden decoderseitig durch erhöhtes Übersprechen und wegen unerwünschter Wirkungen der Übersprechkorrekturen stärker verfälscht wiedergegeben als SQ-Produktionen.

6. Richtungshörversuch

Um einen Überblick darüber zu gewinnen, wie stark bestimmte Übertragungsfehler tatsächlich die Richtungslokalisation beeinträchtigen, wurde ein Hörversuch durchgeführt. Die benutzten Übertragungsglieder waren ein Basis-Encoder und eine Basis-Decoder-Matrix mit 10-10-Blend plus Logic Blend Control.

Die Schaltung des Encoders zeigt Bild 15. Er ist mit engtolerierten Bauteilen aufgebaut und wegen möglichst hoher Phasengenauigkeit so konzipiert, daß keine Koppelkapazitäten notwendig

sind. Die codierten Signale L_t und R_t erreichen eine Genauigkeit von $\pm 0,3$ dB für $f = 2$ kHz und $\pm 0,7$ dB für $f = 100$ Hz ... 10 kHz; die Fehlergrenze der gesamten SQ-Übertragungskette lag damit für $f = 2$ kHz bei $\pm 0,7$ dB und für $f = 100$ Hz ... 10 kHz bei ± 1 dB. Als Testsignal wurde Bandpaßrauschen ($f_u = 250$ Hz, $f_o = 8$ kHz) gewählt, um einerseits richtungsbestimmende Bänder auszuschließen und andererseits hohe Übertragungsgenauigkeit zu erreichen: Die theoretischen Werte für L_v , R_v , L_h , R_h wurden bei diesem Spektrum mit $\pm 0,7$ dB eingehalten, sie führten über entsprechend eingemessene Abhörboxen am Hörort zu einem Schallpegel von jeweils 70 dB(A) ± 1 dB. Die Quadrophonie-Versuchsanordnung war nach Bild 16 in einem Zimmer mit Wohnraumcharakter aufgebaut. Vier zusätzliche Mittenlautsprecher, die kein Signal abstrahlten, hatten den Zweck, bei den Versuchspersonen eine virtuelle Gleichwertigkeit der acht angebotenen Richtungsdarstellungen LV, MV, RV, RM, RH, MH, LH, LM zu erreichen. Die Originalsignale L_v , R_v , L_h , R_h wurden direkt und über die SQ-Übertragungskette mit und ohne Logic Blend Control in zufälliger Reihenfolge wiedergegeben, und zwar jedes Signal so lange, bis die Versuchs-

person angeben konnte, welcher der acht Lautsprecher den Schall vorwiegend abstrahlt. Dabei durfte der Kopf leicht bewegt werden. Mehrere Richtungen sollten angegeben werden, wenn das Klangbild entsprechend zerfiel; waren das mehr als zwei, zählte das Resultat als „unbestimmt“. Die Untersuchung wurde mit 24 Versuchspersonen durchgeführt, jedoch fanden bei der Auswertung vier Personen keine Berücksichtigung, weil sie einige vordere oder rückwärtige Richtungen schon bei Wiedergabe mit den Originalsignalen falsch angegeben hatten.

Die Ergebnisse sind in den Bildern 17a und 17b grafisch dargestellt. Die Strahlenlänge gibt die relative Häufigkeit einer Richtungsempfindung an, der Kreisradius die relative Häufigkeit von unbestimmten Richtungseindrücken.

Alle Resultate für die Richtungen LM und RM sind ziemlich wertlos, weil seitliche Phantomschallquellen auf diesem Wege nicht auftreten können. Man erkennt aber, daß eine Blend Matrix entsprechend gegebene Intensitätsverhältnisse verschiebt, wenn sie mit Basis-Code und nicht mit Position-Code übertragen werden. Außerdem scheint die Unterscheidung, ob der Signalschwerpunkt auf der lin-

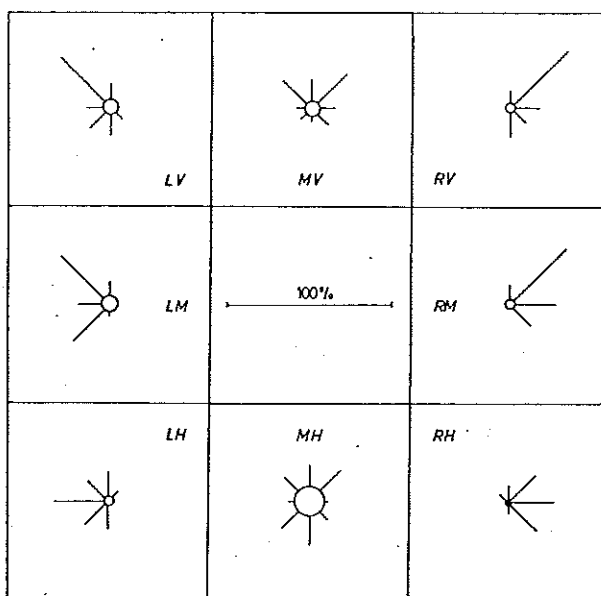


Bild 17a. Relative Häufigkeit der Richtungsempfindungen für Quadrophonie-Signale nach Übertragung über SQ-Basis-Encoder und Basis-Decoder-Matrix mit 10-10-Blend

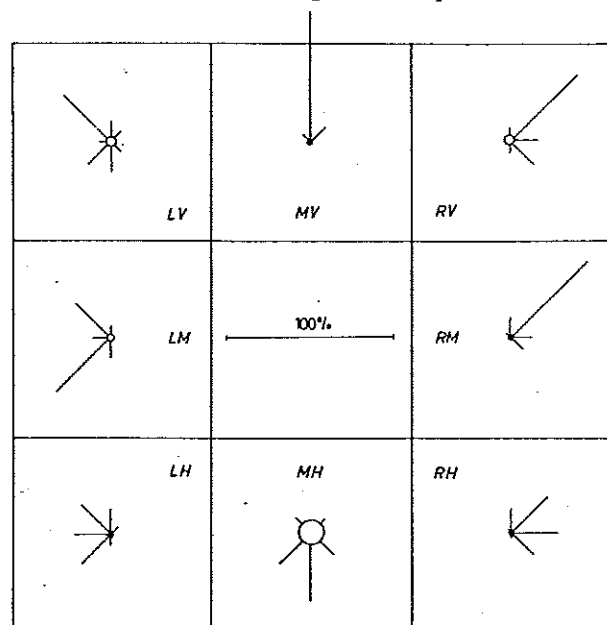


Bild 17b. Relative Häufigkeit der Richtungsempfindungen für Quadrophonie-Signale nach Übertragung über SQ-Basis-Encoder und Basis-Decoder-Matrix mit 10-10-Blend + Logic Blend Control

ken oder rechten Seite liegt, eindeutig zu gelingen (theoretische Übersprechdämpfung: 4,8 dB).

Die positive Wirkung der Front-Back-Logic ist deutlich zu erkennen bei Vergleich der Resultate für MV und MH; jedoch gelingen die Richtungsdarstellungen LV, RV, RH, LH nur verschwommen, weil keine zusätzliche Wave-Matching-Logic eingesetzt wurde.

Insgesamt ist festzustellen, daß Richtungsempfindungen für Signale nach SQ-Codierung und statischer Decodierung stark verfremdet werden. Die dynamische Decodierung ermöglicht eine eindeutige Übertragung von Richtungsabbildungen, wenn die Schallquellen entweder in der vorderen oder hinteren Stereo-Basis dargestellt sind.

7. Zusammenfassung

Zur zusammenfassenden Beurteilung der SQ-Quadrophonie sollten die folgenden Gesichtspunkte Berücksichtigung finden:

1. Diskrete Quadrophonie ermöglicht eine akustische Projektion des vorderen und hinteren Aufnahmebereichs in den Wiedergaberaum. Die Reproduktion der originalen Räumlichkeit ist damit vorwiegend deshalb nicht möglich, weil

- a) die Eigenakustik des Wiedergaberaums wesentliche Fehler verursacht und
- b) seitliche Schallquellen nicht abgebildet werden können (keine Rundum-Abbildung).

2. Diskrete Quadrophonie erzielt abhängig von der Darbietung unterschiedliche Ergebnisse.

- a) Das Verhältnis Direktschall/Nachhall bezüglich Pegel und Richtung kann so übertragen werden, daß Raumillusion erhalten bleibt.
- b) Klangrichtungseffekte sind darstellbar in der vorderen und hinteren Ebene. Zwischen den Ebenen, besonders seitlich und oberhalb des Hörers, besteht keine Ortungsmöglichkeit.

3. Dieser quadrophone Gestaltungsbe- reich erfordert aufnahme- und wiedergabeseitig den ungefähr doppelten Aufwand; übertragungstechnisch stellen gegebene Systeme sogar wesentlich höhere Anforderungen.

4. Die Übertragung nach dem SQ-Verfahren bringt Nachteile für die Quadrophonie, die den Gestaltungsbe- reich zusätzlich einschränken:

- a) Mangelhafte Kanaltrennung führt decoderseitig zu programmabhängigem Übersprechen; bestimmte Signalkonstellationen verhindern ausreichende Übersprechdämpfung oder beeinflussen falsche Signalanteile. Der Programminhalt der vier Kanäle muß unter Berücksichtigung der hörbaren Rückwirkungen gestaltet werden.
- b) Fehlerbehaftete Kompatibilität zwingt aufnahmeseitig ebenfalls zu Kompromißmaßnahmen.

5. Eigenarten des SQ-Übertragungssystems müssen durch besondere Mischtechnik berücksichtigt werden (Position-Encoder), so daß nur spezielle SQ-Produktionen optimale Übertragungen zulassen.

6. Die SQ-Übertragung mit gewöhnlichen stereophonen Einrichtungen ist nur bedingt möglich, weil eine für ausreichende Übertragungsgenauigkeit notwendige hohe Phasengleichheit der Kanäle selten realisiert wird.

7. Das SQ-Verfahren führt zu allgemeiner Wiedergabe-Qualitätseinbuße, die größtenteils auf die ungenügende Kanaltrennung, zum geringen Teil auf schlechte Impulsübertragung zurückzuführen ist. Beide Kriterien fehlen in DIN 45 500.

Insbesondere reicht die Angabe des Übersprechdämpfungsmaßes nicht aus, um wie in der Stereophonie Eigenschaften unabhängiger Kanäle zu gewährleisten. Da keine zweckdienliche Definition für Kanaltrennung existiert, erreicht das SQ-Verfahren Übertragungsergebnisse, die in mehr oder weniger hörbarem Widerspruch zur meßbaren Übersprechdämpfung stehen.

Die Leistungsfähigkeit der SQ-Quadrophonie läßt sich meßtechnisch schwer ermitteln. weil durch die Codierung - Decodierung charakteristische Übertragungsfehler auftreten, deren Größen von unbestimmten Parametern abhängen:

Hohe Phasentoleranzen der stereophonen Übertragungskanäle einerseits und programmabhängiges Übersprechen andererseits führen zu Eigenschaften, die in der Stereophonie unbekannt sind. Für Stereophonie gültige und ausreichende Mindestanforderungen gewährleisten deshalb nicht entsprechend gleichwertige quadrophone Stereobasen.

Man steht vor der Frage, ob und in welcher Weise die Normung modifiziert werden muß, in welchen Grenzen die beschriebenen Nachteile des SQ-Verfahrens toleriert werden können.

Eine Beantwortung kann erst nach weiterführenden Untersuchungen erfolgen, die vor allem die hörbaren Auswirkungen und ihre meßtechnische Erfassbarkeit zu klären haben.

Die Bewertungsmöglichkeit an Hand geeigneter Daten sollte dann zu einer Norm führen, die die Übertragungs-

qualität der diskreten Quadrophonie ohne wesentliche Einschränkungen fordert. Denn der gegenüber Stereophonie erhebliche Mehraufwand scheint doch nur dann gerechtfertigt, wenn als Gewinn der rückwärtige Gestaltungsbereich voll nutzbar bleibt.

Allgemein fällt offenbar die Relation zwischen Aufwand und Nutzeffekt bei Steigerung der Anzahl der Kanäle wegen Übertragungsschwierigkeiten besonders ungünstig aus. Weitere Zusatzkanäle, die hörpsychologisch durchaus begründet wären, sind aus diesem Grunde undenkbar. Ob die Videotechnik auf diesem Wege eine verbesserte Raumübertragung ermöglichen wird, läßt sich noch nicht erkennen.

Alle Übertragungsprobleme sind dagegen sofort gelöst bei Anwendung der Kunstkopftechnik. Sie beweist doch, daß zwei Kanäle die gesamte Information tragen können, die für eine fehlerlose Abbildung eines Hörerplatzes vorliegt. Die akustische Codierung führt zu elektrischen Signalen, die nach unkritischer Übertragung für eine mehrkanalige Lautsprecherwiedergabe nur geeignet decodiert werden müssen. Unabhängig von kommerziellen Interessen sollte untersucht werden, ob die Verarbeitung von Kunstkopfsignalen am Wiedergabeort letztlich nicht zu günstigeren Ergebnissen führen könnte als eine Übertragung von n Kanälen. Schwierigkeiten, die allein vier Kanäle verursachen, legen diese Alternative nahe.

*

Herrn Dr. Krause, Institut für Kommunikationswissenschaft an der TU Berlin, danke ich für wertvolle Anregungen und für sein stets förderndes Interesse an dieser Arbeit.

Weiteres Schrifttum

- [18] Sony-Service-Manual für „SQA-200“
- [19] Deutsche Patentschriften Nr. 2126160, 2139098
- [20] Sony-Service-Manual für „SQD-2020“
- [21] Slot, G.: Die Wiedergabequalität elektroakustischer Anlagen, S. 105 ff. Hamburg 1965, Philips-Taschenbücher

Universal-Verzögerungsleitung „SDL 445“

Die neue Universal-Verzögerungsleitung „SDL 445“ in Subminiaturtechnik von GTE Sylvania erlaubt es den Farbfernsehgeräteherstellern, an Stelle von Laufzeitleitungen ohne eingebaute Ein- und Ausgangsübertrager jetzt einen Typ mit eingebauten Spulen zu verwenden, wobei keine nennenswerten Änderungen der gedruckten Schaltung erforderlich sind. Diese Leitung, die die kleinste in Europa auf dem Markt befindliche sein dürfte, hat Impedanzwerte, die den Werten der IS-Demodulatortechnik in den Geräten angepaßt sind.

Durch einen kleineren Glaskörper und neue Materialien wurde bei der „SDL 445“ ein neuer Verlauf des reflektierten Strahls im Glas ermöglicht. Die Leitung hat einen Eingangswiderstand von 1600/390 Ohm und einen Ausgangswiderstand von

390/100 Ohm. Das verwendete Glasmaterial hat einen Temperaturkoeffizienten von annähernd Null, so daß eine exakte und stabile Phasenlaufzeit von $63,943 \mu s \pm 0,005 \mu s$ sichergestellt ist und eine Verzerrung der Farbsignale im Gerät weitgehend vermieden wird.

Weitere Besonderheiten der neuen Verzögerungsleitung sind die Spezialbehandlung des Glases, um es widerstandsfähig gegen Feuchtigkeits- und Temperaturschwankungen zu machen, sowie der Einbau der Leitung in ein ultraschall-verschweißtes Gehäuse. Dadurch werden eine Toleranz der Phasenlaufzeit von maximal $\pm 0,005 \mu s$ (im Mittel $\pm 0,002 \mu s$) zwischen 10 und 60 °C (Bezugswert 25 °C), eine sehr niedrige Betriebsdämpfung sowie eine erhebliche Reduzierung von 3 τ - und $n \tau$ -Echos erreicht.