

Gerhard Steinke

Surround-Sound:

Wie viel Kanäle/Signale braucht der Mensch?¹

Plädoyer für die Standard-3/2-Stereo-Hierarchie und ihre Optimierung im Heim

How many channels/signals are needed? Pleading for the 3/2 Stereo-Hierarchy and its optimisation in the Home

Versuch einer Systematisierung

**Internet-Beitrag zur 21. Tonmeistertagung des VDT
November 2000, Hannover CCH**

Manuskript: 30.10.2000
Aktualisierung: August 2003

steinke@tonmeister.de

¹ Unter ähnlichem Titel wurden bereits von G. Theile, 1991 [27] und T. Holman, 1996 [64], Betrachtungen zum Mehrkanalton angestellt; es erscheint daher sinnvoll, bei weiter fortschreitendem Entwicklungsgang auch erweiterte Zielsetzungen und Möglichkeiten zu überdenken, stets erneut das Erreichte in Frage zu stellen, oder zu festigen.

Kurzfassung:

Ausgehend von bekannten Zielsetzungen für die elektroakustische Übertragung und die zu vermittelnden akustischen Perspektiven, werden die wesentlichen Ausgangsbedingungen für den Standardkomplex der Mehrkanal-Wiedergabe dargelegt. Die gegebenen Möglichkeiten und Einschränkungen werden erläutert, die Tonmeister und Anwender mitunter zu Änderungsvorschlägen bewegen. Zur sinnvollen anwendungsorientierten Nutzung des Standards wird auf die bei Berücksichtigung der Hörbedingungen gegebene Problematik der Wiedergabe-Anordnungen näher eingegangen, weniger auf damit verbundene Aufnahmetechnologien. Aus der 3/2-Hierarchie werden Modifikationen zur Optimierung abgeleitet und verschiedene publizierte Vorschläge diskutiert.

Schlussgefolgert wird, daß legitime Veränderungen des Standards erst möglich und sinnvoll sein können, wenn alle Varianten der Optimierung des 3/2-Formates, bei Anwendung zusätzlicher Bearbeitungstechniken im Heim ausgeschöpft sind; dies war bisher nicht der Fall.

Summary

Considering the known targets for the electro-acoustical delivering as well as the acoustical perspectives which have to be conveyed, the essential premises are examined for the standard complex of multichannel sound reproduction. The inherent possibilities and restrictions are explained which now and then initiate Tonmeisters and users for modification proposals. The listening conditions are further considered with regard to the problems of different reproduction configurations for the efficient use of the standard, while the connected pick-up technologies can only be touched. From the 3/2 hierarchy modifications are derived for optimisation and different proposals are discussed.

The author comes to the conclusion that a legitimate modification of the standard could be possible and useful only if all variants of the optimisation of the 3/2 format are exhausted by application of additional processing methods in the home; up to now it is not the case.

1. Einleitung

Mit der etablierten Zweikanal-Stereofonie – also lediglich einer Bifonie - wurde in den vergangenen Jahrzehnten erfolgreich quellenrichtungsorientiert produziert und gehört; viele hervorragende Ergebnisse wurden erzielt. Die Wiedergabe ist jedoch auf die vordere Ebene der beiden Lautsprecher und der dabei abbildbaren virtuellen Schallquellen (Phantom-schallquellen) in Form einer Projektion auf eine Simulationsebene mit begrenzter Tiefenwirkung beschränkt. Damit blieb auch der ursprüngliche Wunsch nach bedarfsweise intensiver räumlicher Einbeziehung, möglichst wirklich dreidimensional bei Überbrückung des Abstandes zwischen Lautsprecher und Ohr, sowie nach größerer Unabhängigkeit vom optimalen Hörplatz, unerfüllt.²

Mittels Kunstkopf-Aufnahmetechnologie, ständig verbessert, und dazu einem virtuellen Wiedergaberaum, über hochqualitative Kopfhörer dem Ohr zugeführt, können inzwischen diese Wünsche näherungsweise erfüllt werden³. Möglicherweise ist dies unter speziellen Bedingungen die einzige optimale Lösung; zumindest ist es ein anzustrebendes Qualitätsziel beim Vergleich mit der raum-/lautsprecherbezogenen Wiedergabe.

Die meisten Hörer im Heim, insbesondere auch Tonmeister im Studio, werden jedoch weiterhin die distanzierte Lautsprecher-Wiedergabe bevorzugen. Dies ist stets zu berücksich-

² Martin Fouqué formulierte dies im Begleitheft zu den Beethoven-Sinfonien (Teldec-Produktion, 2000) in knapper Form so: "Das Fehlen einer realistischen räumlichen Empfindung ist eine unnatürliche Einschränkung, die durch das Prinzip der Zweikanal-Stereofonie bedingt ist."

³ Theile, G.: Virtuelle Lautsprecher in einem virtuellen Raum. Fernseh- u. Kinotechnik 52, (1999), Nr.11, S. 670– 672.

tigen, denn der Einstieg in die diskrete Mehrkanaltechnik ist bei angemessenen Ansprüchen nicht immer preiswert. Immerhin ist sie nunmehr durch moderne Codierungsmethoden auf der Übertragungs- und Speicherseite für anspruchsvolle Hörer verfügbar; vor allem für diese ist sie sinnvoll. Die Anschaffung darf aber nicht durch zu große Einschränkungen der bisherigen Hörgewohnheiten und Lebensbedingungen beeinträchtigt werden; die Hörer könnten das Interesse bald verlieren. Und als Einschränkungen in diesem Sinne versteht man sowohl das Tragen von Kopfhörern als auch die Bindung an einen festen Platz und eine kleine Hörzone des optimalen Hörens, insbesondere bei der virtuellen Surround-Wiedergabe über nur zwei Lautsprecher, oder auch eine unzureichende Einbeziehung in die räumliche Atmosphäre.

Dem bloßen Surround-Effekt durch Heim-Billiglösungen und mittelmäßige Produktionen zu gefallen oder zu genügen, wie seinerzeit bei der anfänglichen Pingpong-Stereofonie, kann nicht das erstrebenswerte Ziel sein; auch wenn die Audio-Industrie alles tun wird, solches zur Absatzsteigerung zu fördern. Beim Film dagegen können attraktive Klänge und besondere Effekte im gesamten oberen Halbraum durchaus die Emotionen und den Gesamteindruck steigern. Fehlorientierungen der Industrie wird man nicht verhindern können, aber bei richtiger Aufklärung des Hörers wird dieser nur dann investieren, wenn die Qualität wirklich zufriedenstellend ist – sowohl unter den möglichen Hörbedingungen als auch bei der Hard- und der Software.

Für die Grundbedingungen der Mehrkanal-Stereofonie, des ‚Surround-Sound‘ mit fünf Kanälen, existiert seit längerem ein internationaler Basis-Standard⁴, genauer gesagt, ein Standard-Komplex für Studio- und auch (erste) Heimbedingungen. Ein solcher gilt ebenso für die Filmtechnik mit den 5.1- bis 7.1-Formaten. Viele Tonmeister und Toningenieure experimentieren damit und haben bereits ansehnliche Musik- und Dokumentar-Produktionen auf Mehrkanaltonträgern, insbesondere der DVD-Video, demonstrieren können (siehe die Test-DVD des Surround-Sound-Forums). Nach langer Vorgeschichte hat ein neues Aufgabenfeld der Mehrkanal-Tontechnik begonnen, da man mit dieser jetzt nach 40 Jahren Experimentalstadium endlich den Hörer im Heim erreichen und stärker ‚einbeziehen‘ kann. Daraus entstehen aber auch viele neue ästhetische und technologische Fragen und Probleme.

Trotz zahlreicher Veröffentlichungen^{5,6,7} zu den Standards gibt es dabei aber immer wieder Unsicherheiten und infolge noch bestehender Unvollkommenheiten auch Wünsche nach weiteren Verbesserungen; schließlich sind Normen nichts Endgültiges.

Um den gegebenen Standard besser ausschöpfen zu können, werden im Folgenden der erreichte Stand und die mögliche Optimierung erläutert sowie auch andere gegenwärtig vorgeschlagene Möglichkeiten diskutiert. Dabei wird hier besonders auf Wiedergabetechnologien und weniger auf Mikrofon- und Aufnahmetechniken eingegangen (hierzu siehe u.a.^{8,9,10}). Ästhetische Aspekte können hier nur gestreift werden (siehe dazu u.a.¹¹).

⁴ Empfehlung ITU-R BS. 775-1: Multichannel Stereophonic Sound System with and without accompanying picture. (Genf, 1991-1994).

⁵ s. u.a. Steinke, G.: Der neue CCIR-Standard: 5-Kanal-Stereofonie. Ein neues Tonsystem – nicht nur für HDTV. AUDIO PROFESSIONAL (1992), H.3, S.

⁶ Steinke, G.: Diskussionsbeitrag zum Elliot-Scheiner-Surround-Workshop, Studio Magazin (2000), Jan., Nr.242, S.34.

⁷ Steinke, G.: Multichannel Surround-Sound – hohe Anforderungen für neue Möglichkeiten. Studio Magazin/Special Mastering, Sept. 1996, S. 54-66.

⁸ Steinke, G.: Targets and Concepts for Multichannel Recording Technologies (Zielsetzungen und Konzepte für Mehrkanal-Aufnahmetechnologien). SSF-Doc.2-1999/2000.

⁹ Theile, G.: Multichannel Natural Music Recording Based on Psychoacoustics Principles, SSF-Doc. 1/2000.

¹⁰ Steinke, G.: Zur Aufnahme von Rauminformationen bei Surround-Sound. SSF-Internet-Beitrag, 29.11.99. und Ergänzungen vom 7.12.99.

¹¹ Windschmitt, P.: Real Expectations for Reel Sound: Assessing the Aesthetic Implications of New Sound Technologies. Vortrag zur 98. AES-Convention, Paris, 1995. Preprint 3986.

Ein Standard kann, wie man so sagt, immer nur "den gegenwärtigen Stand zementieren". Dies sollte er aber im Interesse hoher Fertigungs- und Anwendungssicherheit möglichst sehr lange, bis er durch neue wirtschaftlich und technisch günstigere und praktikablere Entwicklungen erweitert, verändert oder abgelöst wird. Ein Nachteil jedes Standards ist, daß er lediglich einen Kompromiß für die vielen möglichen Aspekte darstellt.

Es ist daher legitim und nützlich, wenn Praktiker bei Anwendung des Standards vorhandene Unvollkommenheiten aufdecken und Vorschläge zur Verbesserung entwickeln. Auf eine Reihe solcher Vorschläge wird hier eingegangen. Daneben werden aber in Forschungszentren völlig andere neue Übertragungstechnologien untersucht, wie z.B. die Wellenfeldsynthese.

Da aber niemand, auch nicht der praktizierende Tonmeister, gern "Standards lesen möchte" - wem sind die vielfältigen internationalen Dokumente überhaupt zugänglich? - veröffentlicht¹² das Surround-Sound-Forum (eine gemeinsame Initiative von VDT, IRT und SRT) seit 1996 Zusammenfassungen der gültigen Standards als eigene "Empfehlungen für die Praxis" in Deutsch, und kommentiert sie auch. Sie werden in gewissen Abständen aktualisiert, denn die Diskussionen der Praktiker sorgen auch für eine sinnvolle Fortschreibung von Zeit zu Zeit. Die skandinavischen Länder und England diskutieren diese Veröffentlichungen auf der Basis englischer Fassungen, die auch in der VDT-Homepage veröffentlicht sind. Auf ihrer Basis wurde inzwischen ein AES-Informationen-Dokument¹³ erarbeitet, um auch die Mitgliederaktionen in allen Ländern einzubeziehen. Schließlich sichert nur die weltweite Akzeptanz der Standard-Anordnung den Programmaustausch und gibt dem Hörer im Heim einen zweifelsfreien Bezug. Und für den praktizierenden Tonmeister stellt die Anwendung dieser Standards eine unverzichtbare Voraussetzung für die seinen Leistungen entsprechenden Arbeitsbedingungen dar; sie gewährleisten optimale Beurteilung der erreichten Qualität.

2. Die Zielsetzung

Obwohl schon mehrfach an anderen Orten definiert, soll hier zunächst die Aussage vorangestellt werden, was bei der Wiedergabe im Heim erreicht werden sollte. Die intensive Internet-Diskussion im Surround-Sound-Forum hat dabei viel zur Klärung und einer weitgehend einheitlichen Auffassung mit beigetragen. Mitunter auftretende terminologische Differenzen können noch zu Meinungsunterschieden führen (an einer Terminologiesammlung wird im SSF gearbeitet).

In der akustischen Rundfunkforschung hat sich im Laufe der Zeit für die Übertragungsaufgabe die folgende These herauskristallisiert, wie sie auch für die Wiedergabe von Tonträgern allgemein gelten kann¹⁴:

¹² unter der VDT-Homepage/Foren/Surround-Sound-Forum im Internet.

¹³ Rumsay, Francis (Editor): Multichannel Surround Sound Systems and Operations. AES TD-1001.1.01-10.

¹⁴ Steinke, G.: Quo Vadis, HDTV-Sound, Fernseh- und Kino-Technik, 47 (1993), Nr. 5, S. 305 – 317, sowie in: Steinke, G.: Zur Räumlichkeit des Tons – der fremde Raum im eigenen. Vortrag anlässlich der Bayerischen Rundfunktage, November 1999, Nürnberg. In: Radio erobert neue Räume, Verlag Fischer, München, 2001.

„Das anspruchsvolle Ziel der elektroakustischen Übertragung und Wiedergabe besteht darin, für den Hörer in seinem Wohnraum ein möglichst perfektes Hörereignis zu schaffen, mit dem seine ästhetischen Erwartungen voll befriedigt werden. Das bedeutet, es ist entsprechend den spezifischen Programmgenres und bei konzentriertem ‚aktivem‘ Hören eine überzeugende Vorstellung (also eine Imagination und nicht Illusion!) von der akustischen Umgebung von (Schall-) Ereignissen und der räumlichen Zuordnung der einzelnen Schallquellen zu vermitteln, einschließlich eines entsprechenden Abstandes der fiktiven Schallquellen zu einem virtuellen Hörerplatz im Ursprungsraum“.

Somit soll die akustische Reproduktion im Hörraum eine angemessene und proportionale Simulation bzw. Re-Synthese der im Ursprungsraum herrschenden Schallereignisse darstellen, mit der Absicht, adäquate Klangerlebnisse und Emotionen hervorzurufen. Sie legitimiert die Tonmeister zu bestimmten Gestaltungseingriffen mittels spezieller Bearbeitungstechnologien, dabei können auch psychoakustische Effekte zur Sinnestäuschung ausgenutzt werden, um mögliche Beeinträchtigungen der Stimuli-Eigenschaften zu verdecken und auch, wenn erforderlich, um einen fehlenden optischen Eindruck zu kompensieren.

Als besonderer Grenzfall der Übertragung soll der Eindruck vermittelt werden, sich in die künstlerische und akustische Atmosphäre, die Ambienz, eines Ereignisses einbezogen zu fühlen, auch wenn es entfernt stattfindet. Hierdurch kann ein intensives Erlebnis ermöglicht und eine spezifische Stimmung erzeugt werden. Eine solche Zielstellung ist vorzugsweise für Musikübertragung und -wiedergabe erwünscht. Hier wird vor allem eine hohe Natürlichkeit verlangt. Kommt dann noch die entsprechende Bildbegleitung hinzu, kann man von ‚Telepräsenz‘ sprechen – die Einbeziehung des Zuschauers in die optische und akustische Perspektive des Ursprungsraumes.

Der Fall der Übertragung/Aufnahme von Klassikproduktionen wird häufig bei derartigen Betrachtungen bevorzugt, da er einigermaßen überschaubar ist und die höchsten Anforderungen an die Aufnahme- und Hörbedingungen stellt. Es ist aber hervorzuheben, dass demgegenüber keinesfalls die sonstigen Programmgenres (Pop- und experimentelle Musik, Drama, Dokumentation, Unterhaltung, Filmtone usw.), wie sie in der Überzahl Anwendung finden, bei der Auswahl des Übertragungssystems und seiner Parameter vernachlässigt werden dürfen. Und andererseits kann nicht bei jeder Musikaufnahme die Anwendung von Surround-Technologien als sinnvoll angesehen werden.

Ein anderer Grenzfall der Rundfunkübertragung besteht darin, das Ereignis in den Wohnraum bzw. virtuelle Räume zu versetzen, wie es bei Hörspielen, Kommentaren, Erzählungen usw. sinnvoll ist.

Hauptziele sind also für die Tonseite,

entweder eine **Hörperspektive mit hoher Ähnlichkeit der natürlichen akustischen Perspektive** zu erzeugen, die ein Beobachter am Original vorfindet; z.B. die Übertragung eines Konzertes aus einem Saal bemerkenswerter akustischer Eigenschaften und mit intensiver Einbeziehung des Hörers in den Raum, „physikalisch gekennzeichnet durch eine starke Umfließung des Hörers mit Informationen aus dem reflektierten Schall¹⁵“ (Einhüllung),

und/oder

neue Hörperspektiven auf der Grundlage von Komponenten natürlicher Schallereignisse, künstlicher Klänge und spezieller Bearbeitungsmethoden zu vermitteln (Hör Szenen, Effekte usw.).

¹⁵ Keibs, L.: Zur Frage der kompatiblen stereo-ambiofonen Schallübertragung auf zwei Kanälen, Techn. Mitt. BRF, 5 (1961) H.3, S.104-112.// Acustica 12 (1962) Nr.2, S. 118-124.

Die sogenannte "Naturgetreue oder originalgetreue Übertragung von Schallereignissen bzw. Schallfeldern", als früher unrealistisches Ziel, steht in diesem Zusammenhang nicht zur Diskussion. Da es sich hierbei meist um rein akustische Übertragungen handelt, entsteht ohnehin eine Einengung der Basis der Sinneswahrnehmungen. Eine physikalisch korrekte Übertragung von Schallfeldern bedingt bekanntlich eine außerordentlich hohe Zahl von Übertragungskanälen bzw. neuartige Verfahrenslösungen; für spezielle akustische Simulationen kann dies erforderlich und berechtigt sein. Für Heimanwendungen konnte dies bisher nicht gefordert werden, dort geht es um die Vermittlung von Emotionen und Stimmungen. Dennoch stellt das neuartige WFS-Verfahren auch neue Lösungen in Aussicht. Auf diese kann hier nicht eingegangen werden.

Da man solche Erlebniswerte streng genommen nicht „übertragen“ kann, sollte vielmehr eine derartige proportionale Transformation der Schallereignisse erfolgen, daß bestimmte beim live-Erlebnis gewonnene subjektiv-akustische Parameter¹⁶ wieder erhalten bzw. angepaßt werden können, wie Lokalisation der Schallquellen, Raumeindruck und Einbeziehung, Tiefenstaffelung, Lautstärke-Verhältnisse, Klangfarbe, Durchsichtigkeit/ Deutlichkeit¹⁷, Zusammenklang usw., um insgesamt die geforderte überzeugende Vorstellung vom jeweiligen Schallereignis, einschließlich seiner akustischen Umwelt sowie seiner ästhetischen und inhaltlichen Werte, der jeweiligen Hörerwartung entsprechend, zu vermitteln.

Hierzu muß – neben klanglichen und dynamischen Parametern - die Übertragung der notwendigen Richtungs-, Entfernungs- und Raum-Informationen gewährleistet werden, um bei der Wiedergabe deren Wahrnehmung und Empfindung als adäquates Hörereignis zu ermöglichen. Dazu wird höchste Tonqualität, gemäß den Studio-Standards und SSF-Empfehlungen vorausgesetzt, insgesamt also eine "überzeugende Klangqualität".

Um dies zu erreichen, sind einerseits anspruchsvolle Mikrofon-Aufnahme-Technologien in Aufnahmeräumen hoher akustischer Qualität eine wesentliche Voraussetzung. Mitunter muß man gegebene akustisch unvollkommene Räume akzeptieren und speziell bearbeiteten Reflektierschall überlagern (convolution). Von gleicher Bedeutung sind auf der Wiedergabeseite Hörräume mit definierten Eigenschaften ("Referenz-Hörräume"), denen hochwertige Überwachungs- und Regieräume auf der Sendeseite weitgehendst entsprechen sollten. Adäquat sollten auch im Heim gute Hörbedingungen, zumindest näherungsweise, angestrebt werden. Weitere Voraussetzungen sind die Übertragungsverfahren mit **Mehrkanal-Stereofonie**, deren Kanalzahl durch geeignete Signalbearbeitung auf der Sende- und der Empfangsseite optimiert und damit standardgerecht einheitlich angewendet werden kann.

Eine gewaltige Aufgabe. Spätestens hier ist erkennbar, daß – neben den dafür zu erarbeitenden technischen Grundbedingungen - die dafür zu leistende **Tonmeisterarbeit eine spezielle Kunst** darstellt, die sich wohl wissenschaftlicher Grundlagen bedienen kann, aber in jedem einzelnen Falle neue Gedanken der Anwendungen auf der Basis gesicherter Erfahrungen und Kenntnisse bedingt. Darüber hinaus sind besondere Formen des Umgangs mit den künstlerischen Partnern erforderlich.

Studien zur Realisierung des Raumes bei Übertragungen und den physiologischen Grundlagen der Stereofonie¹⁸ wurden schon mit der Einführung des Rundfunks begonnen. Dazu kamen Überlegungen zum Mikrofon als Stilmittel, und bevorzugt zur Kraft des Rundfunks, Raum zu gestalten und zu schaffen, die "Raumschöpfung", wie es Metzger nannte, als Geschenk des Rundfunks, bei entfernten Ereignissen dabei zu sein, Raum zu überwinden, aber auch Raum, Räumlichkeit, am anderen Ort zu empfinden.

¹⁶ international übliche subjektiv-akustische Parameter, in Relation zu entsprechenden objektiven Parametern, finden sich u.a. in der Terminologiesammlung des Surround-Sound-Forums, sowie im "Taschenbuch Akustik", Verlag Technik Berlin, 1984, S. 1297, und in den entsprechenden Empfehlungen der EBU (siehe Aufstellung in [46]).

¹⁷ Peter Hecker spricht allgemeiner von "Durchhörbarkeit", die bekannten Definitionen von (Register- und Zeit-) Durchsichtigkeit/ Transparenz/Deutlichkeit sind aber wohl schon mehr verbreitet (gemäß ¹⁶).

¹⁸ Prof. Dr. Wolfgang Metzger: Das Räumliche der Hör- und Sehwelt bei der Rundfunkübertragung, Decker's Verlag, G. Schenk, Berlin, 1942

3. Die akustische Perspektive des natürlichen Hörens¹⁹ - - die Empfindung eines räumlichen Gesamteindrucks

Mittels der Fähigkeit des sogenannten "intelligenten Hörens"²⁰ und der gegebenen Voraussetzung des binauralen Hörvermögens, wird ein natürliches Schallereignis als ein subjektives "Hörereignis" unter einer bestimmten ‚**akustischen Hörperspektive**‘ empfunden.

Im geschlossenen Raum, wo sich durch Reflexionen an den Raumbegrenzungen ein indirektes (Reflektiert-) Schallfeld ausbildet, ist man in der Lage, bewußt

- die Anteile des direkten Schalles richtungs- und entfernungsabhängig zu empfinden. Hierbei tragen das Verhältnis vom direkten zum indirekten Schall sowie Klangfarbe und Einschwingvorgänge²¹ der Schallquelle wesentlich zum Entfernungseindruck bei.
- alle Details des zeitlichen Schallfeldverlaufs zu einem ‚**räumlichen Ganzheitseindruck**‘ zusammenzufassen.

Dieser ‚*Ganzheitseindruck*‘ als subjektive Gesamtbewertung der natürlichen akustischen Perspektive beinhaltet:

- das Erkennen von Gestalt (Beschaffenheit, Aussehen) sowie Richtung²² und Ausdehnung des Schallereignisses, ebenso seine Auflösung in Teilschallquellen (z.B. unterschiedliche Instrumente im Orchester, Einzelstimmen aus einer Menge),
- das Empfinden von Raumgröße und akustischen Eigenschaften des Raumes (Nachhall, Diffusität), dazu der eigenen Entfernung zum Geschehen (Schallquelle).

Daraus kann man folgende Einzelwahrnehmungen definieren:

- die gegenständliche Ausdehnung der Schallquelle(n) unter einem bestimmten Hörwinkel
- die richtungs- und entfernungsabhängige (gegenständliche) Auflösung innerhalb des Hörwinkels
- eine bestimmte ‚Einbeziehung‘, ein *Einbezogensein*²³, in die akustische Atmosphäre des Ursprungsraumes – insbesondere durch Anfangs-Seitenreflexionen des Raumes (prinzipiell bekannt seit den 50er Jahren, beginnend mit den Untersuchungen der Technischen Universitäten in Göttingen und Dresden, inzwischen auch quantitativ erfassbar). Extremsituationen als Beispiele sind: Redner im Freien – Orgel in halliger Kirche.

¹⁹ definiert nach Vorschlägen von Fletcher, Keibs u.a.

²⁰ vergleiche auch den sogenannten ‚Cocktail-Party-Effekt‘

²¹ nach Untersuchungen von Békesy, 1938

²² Theile, G.: Zur Theorie der optimalen Wiedergabe von stereofonen Signalen über Lautsprecher und Kopfhörer. RTM, 25 (1981), 4, S. 155 – 170.

²³ auch nach Erwin Meyer, 1956/67, Physikalische und Technische Akustik, Vieweg & Sohn, Braunschweig.

Bei der Umsetzung durch die elektroakustische Übertragung kommt es also darauf an, zur Erhaltung und Transformation dieser **akustischen „Schallereignis-Perspektive“** mittels einer entsprechenden Anzahl von Übertragungskanälen eine adäquate **„Hörereignis-Perspektive“** zu erzeugen, damit sich der Hörer auch in seinem Wohnraum aufgrund seiner Erfahrungen klanglich orientieren kann.

Diese **Hörereignis-Perspektive** („die Räumlichkeit des Tones“, des Klanges) enthält vorzugsweise die drei Teilparameter:

- den ‚**Hörwinkel**‘, d.h. den Öffnungswinkel, unter dem das virtuelle Klangbild als Hörereignis erscheint,
- die ‚**stereofone Auflösung**‘, d.h. die subjektive empfundene Richtungs- und auch Entfernungslokalisierung des Hörereignisses innerhalb des Hörwinkels, relativ zueinander,
- die **akustische Atmosphäre**, welche die Imagination des ‚**Einbezogenseins**‘, also einer Einhüllung, erzeugt, und damit das Gefühl, im Raum selbst anwesend zu sein.

Für die Realisierung hat es bisher unterschiedliche Möglichkeiten gegeben:

Bei der **Monophonie** war man nur behelfsmäßig in der Lage, z.B. mittels rundum strahlender Lautsprecher, dem sogenannten ‚Kugelstrahler‘ u.ä., den Effekt des aus einem Punkt strahlenden „Dampfradios“ zu überwinden. Erst mit der **Zweikanal-Stereophonie** und nun bei Mehrkanal-Stereophonie mit **Surround-Sound**, also dem ‚umgebenden Klang‘, mit der Wiedergabe über Einzel-Direktstrahler von mehreren unabhängigen (‚diskreten‘) Kanälen, kann ein genügender Hörwinkel und ausreichende stereofone Auflösung dargestellt werden.

(Allerdings sind hierbei die vorstehend erwähnten Kugelstrahler, die häufig erneut dafür propagiert werden, völlig ungeeignet für Mehrkanal-Wiedergabe, wie schon früher²⁴ nachgewiesen wurde).

4. Der Standardkomplex für Mehrkanal-Wiedergabe

4.1 Die gegebenen Ausgangsbedingungen

Seit 1992 existiert der Haupt-Standard für das im Heim zu bevorzugende 3/2-Stereo-Wiedergabeformat. Er ist ein gemeinsam von ITU/EBU/ISO-MPEG und SMPTE, aber auch von THM und Dolby Inc., akzeptierter **Weltstandard**, dem 1992 mehr als 180 Länder bei der Abstimmung in Genf zustimmten (ITU-R.BS 775), und ist somit **keine rein europäische Angelegenheit**, wie oft angenommen wird. Hierbei haben neben zahlreichen deutschen Institutionen (IRT, Telekom u.a.) vor allem die Vertreter von USA (SMPTE/TMH-Holman) sowie von England (BBC), Frankreich, Skandinavien usw., die verbindliche Signal- und Lautsprecher-Konfiguration mitgestaltet. Inzwischen hat dem ITU-Standard auch die MPGA (Music Producer’s Guild of the Americas, nunmehr ein Teil der NARAS) beigepflichtet²⁵.

Ein solcher Standard hat zwar keine nationale Gesetzeskraft wie in den deutschsprachigen Ländern viele DIN-Normen; die weltweite Akzeptanz bei Rundfunk/ Fernsehen /Recording, von Herstellern für Filmtone-Codierungstechniken und nun auch bei der DVD-Industrie, war aber Voraussetzung, daß der Hörer im Heim exakt die grundlegenden Bedingungen zur bestmöglichen Wiedergabe nachempfinden kann, wenn er sich die Möglichkeiten dazu verschafft.

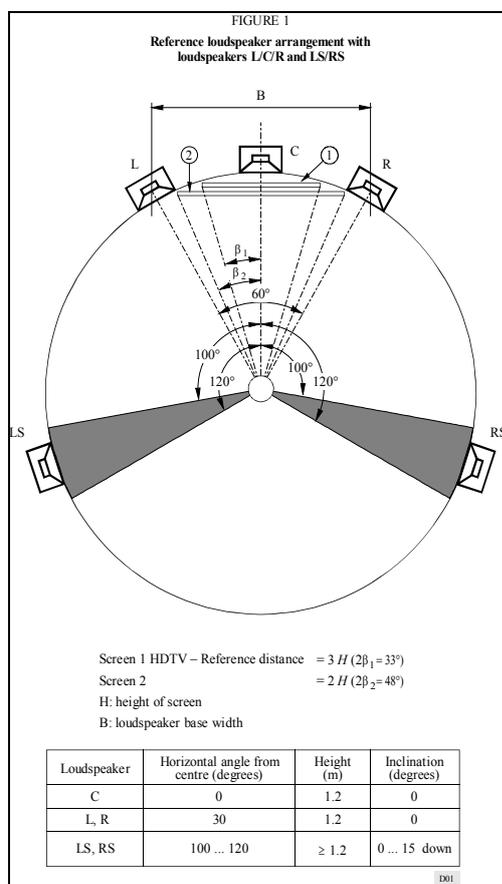
Zum Standardkomplex gehören aber – und das wird oft unterschätzt und von der Konsumentindustrie nicht oder nur ungenügend beachtet – neben der Signal- und Lautsprecher-

²⁴ siehe diverse Veröffentlichungen dazu von Vermeulen, Keibs, Aschoff, Steinke et al. seit 1960.

²⁵ Siehe in T. Holman: 5.1 Surround Sound, Focal Press, Boston, 2000.

konfiguration auch die damit stark verflochtenen und genau so wichtigen Standards für die Mindestforderungen an Schallfeld, Raumakustik und Lautsprecher bei der Wiedergabe, die sogenannten "Hörbedingungen".

Der Kompromiß für den 3/2-Basis-Wiedergabestandard entstand aus gründlicher Einschätzung der vielfältigen Ansprüche, Hörgewohnheiten und Möglichkeiten im Heim und stellt die Verallgemeinerung des Anwendungs-Mittelwertes für die große sich weiterentwickelnde Programmvierfalt (von Klassik über Pop bis zur Dokumentation, Film, TV, Hörspiel usw.) dar. Alle diese Programme können weitgehend mit einer 3/2-Hauptkonfiguration innerhalb einer Format-Hierarchie abgedeckt werden. Mitunter ergeben sich jedoch Einschränkungen, auf die noch einzugehen ist. Das 3/2-Format kann optional (z.B. für DVD-Video) auf 3/2/1 bzw. 5.1 durch einen speziellen Tiefsttonkanal erweitert werden, der beim Film durch das SMPTE-Reglement eingeführt wurde (also nur dort wird er als verbindlicher Standard angesehen, s.u.!).



Weil es immer wieder vergessen oder willkürlich modifiziert wird, hier nochmals das Bild 1 aus dem ITU-Standard. **Für diese Grundanordnung sind die Zahl der Kanäle und die Zahl der Wiedergabelautsprecher identisch.**

Im angloamerikanischen Sprachgebrauch wird gern die Uhrenblatt-Darstellung bevorzugt – die Lautsprecher stehen also bei 11, 12 und 1, sowie etwa bei 8 und 4.

Bild 1:3/2-Referenz-Konfiguration gemäß ITU.

Wie noch zu zeigen ist, kann – bei entsprechender Aufnahmetechnologie – in Aufwärtskompatibilität durch Erhöhung der Zahl der Wiedergabelautsprecher bei gleichbleibender Kanalzahl (und spezielles Processing) besonders die Einhüllung verbessert werden, wenn sie mitunter als nicht ausreichend oder spektakulär genug empfunden wird. Dabei kann sich auch die Größe der Hörzone vergrößern.

Die Entwicklungsgeschichte der Mehrkanalverfahren, die in USA (Film) und in Europa (Rundfunk) unterschiedlich verlief, wurde bereits an anderer Stelle dargestellt, u.a. in^{26,27}.

²⁶ Steinke, G.: "Surround-Sound" – Die neue Phase. Fernseh- und Kinotechnik, 50 (1996), Nr. 10, S. 591–598, Nr.11, S. 668 - 674 (ausführlichere englische Fassung: Vortrag zur 100. AES Convention, Kopenhagen, 1996, Preprint 4286)

²⁷ Theile, G.: HDTV Sound Systems: How many channels? Vortrag zur 10. Internationalen AES-Konferenz, September 1991, London (Proceedings S. 147- 162).

Auch werden Transauraltechniken, Ambisonic und WFS (Wave Front Synthesis) mit linearen Lautsprecher-Arrays (wie schon von Snow, 1953, angegeben) hier zunächst nicht berücksichtigt. Es ist zu erwarten, daß bei weiteren Entwicklungsschritten und Qualitätsverbesserungen, besonders auch auf der Lautsprecherseite (z.B. flache, an der Wand anzubringende Gruppen-Strahler), hier noch beachtliche Verbesserungen erreicht werden können, die eine weitere Optimierung der Standardbedingungen zulassen.

4.2 Hauptaspekte des Standards

Zusammengefaßt sind beim Standard u.a. die folgenden Aspekte von Bedeutung:

- **Ausgegangen wird davon, daß für die Mehrzahl der Wiedergabefälle das bevorzugte Hör- und Sehfeld weiterhin im vorderen Bereich liegt** (Bild 2, nach ²⁶⁾).

[Vereinfacht sei dazu hier das in Kingswood Warren (BBC Research) geflügelte Wort zitiert: „God never speaks to you from behind!“].

Zusätzlich kann nunmehr der verfügbare Hörbereich außerhalb der vorderen Wiedergabeebene durch die Möglichkeit eines den Hörer umgebenden Diffus-Schallfeldes, das den Eindruck von Räumlichkeit und Einbeziehung vermitteln sollte, sowie in gewissem Umfang durch weitere definierbare Schallquellenorte erweitert und genutzt werden.

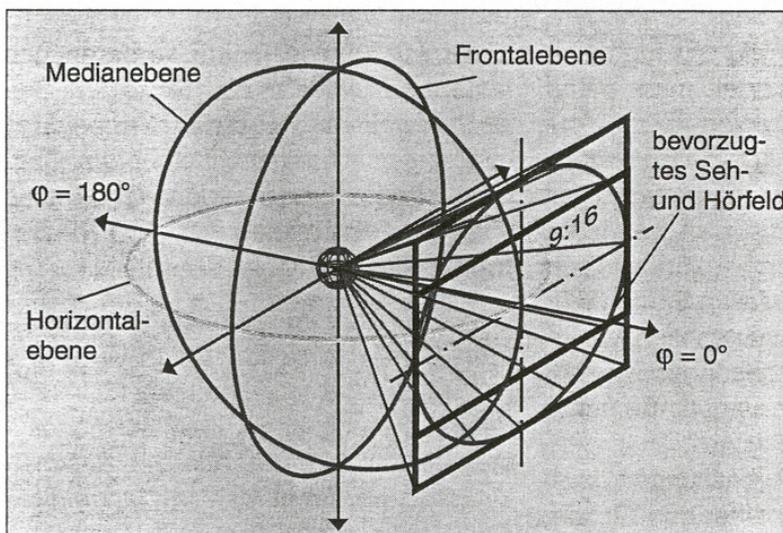


Bild 2 Gesichtsfeld mit bevorzugter Hörzone
(nach [26])

U.a. läßt sich neben der Popmusik u.ä. auch die im 16. Jahrhundert entstandene und in den letzten Jahren wieder häufiger angewandte mehrchörige Musizierweise, die die verschiedenen Raumrichtungen durch entsprechende räumliche Verteilung von Vokal- und Instrumentalchören in die Komposition einbezieht, mit dieser gleichberechtigten Lautsprecheranordnung vorteilhaft nutzen.

- **Weiteres Hauptziel ist es, die bisher zu starke Platzgebundenheit der Zweikanal-Stereofonie durch einen Mittenlautsprecher für diskrete Mittensignale - bei entsprechenden Programmen und sinnvollen Anwendungen - zu verringern. Damit kann Mittenstabilität erreicht und die Hörzone vergrößert werden.**

Zwar gibt es bei der Mehrkanaltechnik auch einen optimalen Referenz-Hörort wie bei der Zweikanal-Stereofonie; die akzeptable Hörzone kann jedoch in der Breite etwas größer werden durch den die Mittensignale stabilisierenden Center-Lautsprecher. Dazu kommt u.a. die Verbesserung der Lokalisationsschärfe, höhere Präsenz, Verringerung von Klangfarbenverfälschungen für die Mittensignale u.a.

Eine akzeptable **Hörzone** ist gekennzeichnet durch optimale bzw. gute Richtungs-Lokalisation und ausreichend starke Einbeziehung in die akustische Atmosphäre (siehe weitere Überlegungen dazu in Abschn. 6).

Die Forderung nach einem zusätzlichen Mittenlautsprecher bei der Zweikanal-Stereofonie entstand – unabhängig von den Gesichtspunkten bei Bildbegleitung und Film – bereits mit Einführung der Rundfunk-Stereofonie. Da bei der in den ersten Jahren obligatorischen Kompatibilitätskontrolle die Monofassung bei Wiedergabe über die zwei Stereo-Lautsprecher klanglich unbefriedigend empfunden wurde und die Schwächen der Phantom-Schallquellenbildung offenbarte, wurden für derartige Qualitätskontrollen in Regie- und Hörräumen vorn häufig 3 Monitor-Lautsprecher angeordnet (z.B. ²⁸, ²⁹ ³⁰).

Daraus entstand auch die Forderung nach einer ‚intelligenten Schaltung‘ (Dominanz-/Logik-Steuerung) zur Ableitung von Mittensignalen aus den beiden Stereo-Teilsignalen und ihre Abstrahlung über einen eigenen Lautsprecher in Basismitte zur Hörzonen-Vergrößerung; weniger die Tonmeister als die Hörer im Heim fanden dies wünschenswert. Eine erste Lösung gab es bereits 1961³¹ in Deutschland (RFZ); später auch in USA/UK bei den Matrixverfahren der sogenannten Quadrophonie-Periode. Schließlich wird diese Idee ständig im 3/1-Matrix-System, insbesondere Dolby-Surround, erfolgreich genutzt.

Da man aber inzwischen auch aus guten 2/0-Aufnahmen akzeptable 3/2-Aufnahmen gewinnen möchte, werden dafür ebenfalls geeignete (Matrix- + Logik-) Prozessoren von *D. Griesinger* bzw. Circle-Surround (beide zwangsläufig mit Einschränkungen) angeboten. Zur Ableitung eines akzeptablen Mittensignals hatte auch *M. Gerzon* Formeln angegeben, nach denen inzwischen gefertigte Prozessoren in mehreren Studios eingesetzt werden³².

- **Erwünschter Vorteil des zusätzlichen Mittenlautsprechers ist die Kompatibilität zum Film, bei dem der sogenannte Dialog vorzugsweise in der Mitte abbildet wird, so daß die Anordnung auch für Film- und Fernsehtonwiedergabe optimal nutzbar ist.**

Bei Bildbegleitung und wie beim Film von Anfang an üblich, wird präzise Mittenwiedergabe für den sog. Dialog gefordert. Bereits bei den 3/1- Matrixverfahren (u.a. Dolby-Surround) wird bekanntlich in der entsprechenden Matrix und mit einer Dominanzschaltung, wie oben erwähnt, ein akzeptables Mittensignal gewonnen, was sich vor allem bei Kopplung mit Bildwiedergabe (TV) gut bewährt hat.

Ein Vorschlag von Theile ²⁷, ³³ während der Standardisierungsphase, statt 3 besser 4 Frontallautsprecher wegen der höheren stereofonen Auflösung und breiteren Hörzone mit Vorteilen für bewegte Schallquellen sowie zur zweckmäßigen Adaption mit HDTV

²⁸ Steinke, G.: Thesen zur stereofonen Schallwiedergabe. Techn. Mitt. RFZ, Berlin (1987) H.2, S. 25–32.

²⁹ Huhn, K.; Lau, W.: Anforderungen an Bezugsabhörräume. Techn. Mitt. RFZ, Berlin (1987) H. 2, S.38 - 44.

³⁰ als früheren Nachweis siehe u.a. Titelfoto eines Regieraumes im Funkhaus Berlin in: radio und fernsehen, Berlin, 13 (1964), H. 16.

³¹ Keibs, L.; Tismer, W.: Verfahren zur Wiedergabe stereofoner Schallübertragungen und –aufzeichnungen über mehr als zwei Lautsprecher. DWP 42908, 12.04.61/25.09.65.

³² TTS (Three Speaker Stereo) Processor nach Anthony G. Morris, www.agmdigital.de/tss/

³³ Theile, G.: Wie natürlich kann das stereofone Klangbild in Zukunft sein? Vortrag zur 15. Tonmeistertagung, 1988, Mainz. Sammelband, S. 78 – 105.

zu nutzen, wurde der Kompatibilitätsbedingung und des höheren Aufwandes wegen nicht realisiert, obwohl eine fallweise Zusammenschaltung der beiden inneren Strahler bzw. bei TV-Stereo-Wiedergabe die Umschaltung auf diese Strahler sinnvoll und problemlos möglich gewesen wäre.

(Eine derartige Variante für 4 Frontstrahler war auch vom Autor bereits 1972, während der Einführung der Stereo-Ambiofonie, als zeitweise Alternative zur 2/2-Wiedergabe mit Surround-Signalen, vorgeschlagen worden^{34, 35}. Hierbei war von der Möglichkeit der Umschaltung der hinteren zu zusätzlichen vorderen Lautsprechern ausgegangen worden, je nach Programminhalt).

Ein Weglassen des Center-Lautsprechers bzw. Centersignals, wie mitunter für bestimmte Programme vorgeschlagen, kann sich daher nur auf gelegentliche Einzelfälle bei der Aufnahme/Produktion beschränken; eine Veränderung des Standards oder Nutzung des Centerkanals zugunsten anderer Richtungs- oder Rauminformationen stand bereits während der Standardisierungsphase (1992) nicht, und steht nun nach Einführung nicht mehr zur Diskussion.

- **Zusätzlich zu 3 frontalen Direktinformationen werden Rauminformationen über zwei getrennte Kanäle LS und RS zur besseren räumlichen Darstellung und Einhüllung übertragen.**

Dabei kann davon ausgegangen werden, daß zusätzlich zu diesen speziellen LS-/RS-Signalen weiterhin gewisse räumliche Anteile auch über die Frontalsignale vermittelt und zur Vervollständigung des erwünschten umgebenden Diffusfeldes (in "Surround") mit genutzt werden. Zur Erhaltung hoher Durchsichtigkeit bei bestimmten Programmen wird man allerdings bei der Produktion in den meisten Fällen diese vorderen Raumanteile geringer als in den LS-/RS-Kanälen halten, d.h., das D/R-Verhältnis also erhöhen gegenüber den reinen Zweikanal-Fassungen. Das wurde bereits mit ersten stereo-ambiofonen 2/2-Aufnahmen zur 7.Tonmeister-Tagung in Köln 1966 demonstriert.

Aus früheren Untersuchungen (1967 – 1970)^{36, 37} mit zeitlich inkohärenten Musik- und Dauerrauschsignalen (0.2 bis 10 kHz) im reflexionsfreien Raum ist bekannt, daß ein ‚subjektiv hoch diffuses‘ Schallfeld bereits mit vier bzw. – im Vergleich zum 3/2-Format passender - mit fünf Lautsprechern in Kreisanordnung und den Positionen $\pm 36^\circ$, $\pm 108^\circ$ und 180° (in Uhrendarstellung etwa 11, 1 sowie 8, 6, 4) erreichbar ist. *Damaske* ermittelte dafür den interauralen Korrelationsgrad, als Maß der Grades der Ähnlichkeit der Signale, zu < 0.15 .

‚Subjektiv diffus‘ soll dabei bedeuten, daß der Gesamteindruck vom Schallfeld unabhängig von Kopfbewegungen ist und ein gleichmäßiger Schalleinfall aus allen Raumrichtungen des oberen Halbraumes wahrgenommen wird. Pegelabsenkungen bei einem der Lautsprecher (bei den Versuchen bis zu 8 dB) führen zu merklichen Einschränkungen und Verzerrungen des diffusen Schallfeldes.

Der dabei benutzte Winkel der Frontallautsprecher von 72° entstand offensichtlich aus der Teilung eines Kreises in 20 Lautsprecherpositionen; er war aber schon früher (*Mertens u.a.*) als optimal für Zweikanal-Stereofonie bestimmt worden, lediglich der Einfachheit wegen wurde er für die Konsumeranwendung auf 60° reduziert.

Ein noch geringerer Korrelationsgrad von < 0.1 wurde für die von der Standard-3/2-Anordnung stärker abweichenden Lautsprecher-Positionen bei $\pm 18^\circ$ (Tendenz bis 23°) und $\pm 126^\circ$ erzielt. Allerdings unterscheiden sich die Untersuchungen von

³⁴ Steinke, G., Stereo-Ambiofonie – Die Grundlage der Quadrofonie, radio-fernsehen-elektronik, 21(1972), 11, 12, 13 (S.345-348, 403-405, 439-441).

³⁵ Steinke, G., Zur Entwicklung der Quadrofonie. Technische Mitteilungen des RFZ, Berlin, 16 (1972) 2, S.59-64.

³⁶ Damaske, P.; Ando, Y.: "Interaural Crosscorrelation Coefficients in Stereo-Reproduced Sound", Acustica, 27 (1972), S. 232 – 238.

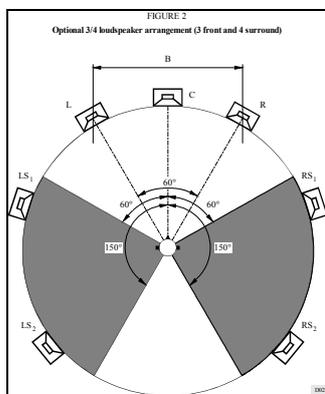
³⁷ Siehe dazu die anschaulichere Darstellung von Theile in [9].

Damaske von 1967 gegenüber späteren von 1972 zahlenmäßig etwas; daher werden hier die zuletzt gewonnenen Werte für die 3/2-Anordnung bevorzugt.

Für die Anordnung der Surround-Lautsprecher wird gemäß Standard $\pm 110^\circ$ empfohlen, bezogen auf den Centerstrahler und mit der Toleranz $\pm 10^\circ$. Dies erwies sich bekanntlich zur Empfindung hoher Räumlichkeit mittels der Seitenschallreflexionen am günstigsten. Diese Bedingung stimmt ebenfalls gut mit den von *Damaske* gefundenen Werten (s.o.) überein. Dabei kann eine ausreichende Einhüllung jedoch nur im Zusammenwirken mit den vorderen bzw. zusätzlichen Strahlern erzielt werden.

Es gibt Veranlassung, hier darauf hinzuweisen werden, daß bei Aufzeichnungen bzw. Übertragungen für reale Signale keine Phasendifferenzen zwischen den Kanälen, auch nicht zwischen Frontal- und Surround-Kanälen zulässig sind, damit die bei der Produktion gewünschten Wirkungen in allen Fällen auch eindeutig übertragen werden können. Die Filmpraxis für Kinowiedergabe weicht hier mitunter ab (aus Kompatibilitätsgründen u.ä.), was bei DVD-Produktionen (d.h. bei der Wahl der Optionen am Encoder) zu beachten ist.

Frühere Verfahren mit zusätzlichen Rauminformationen nutzten mitunter den Effekt einer Pseudo-Räumlichkeit aus, wie er bei gegenphasigen Raumsignalen entsteht. Diese Wirkung war auch bei der zweikanaligen Variante des stereo-ambiofonen Verfahrens [15] angewendet worden, zumal die Gegenphasigkeit zur Erzielung einer gewünschten Kompatibilität bei Mono durch Wegfall dieser zusätzlichen Raumkomponente wünschenswert und sinnvoll war. Diese Pseudo-Wiedergabetechnik ist aber infolge der Möglichkeit der zusätzlichen Übertragung von zwei diskreten Surround-Signalen nicht mehr erforderlich und nunmehr auch nicht mehr anzuwenden!



Eine **Option des Standards** gemäß **Bild 3** empfiehlt, zur Verbesserung der Einhüllung zwei zusätzliche Strahler im hinteren Bereich anzuordnen, wo dies möglich ist. Die Signale dafür können aus den beiden Surround-Signalen über geeignete Dekorrelations-Stufen bzw. einen Prozessor abgeleitet werden. Andererseits kann man damit auch ein Signal für einen einzigen hinteren Mittenstrahler ableiten und diesen bei 180° anordnen. Beide Varianten berücksichtigen damit angemessen schon früher gewonnene Erkenntnisse. Sofern man aber über die LS/RS-Kanäle Direktinformationen wiedergibt, ist diese Lösung inkompatibel.

Bild 3
Optionale Konfiguration für das 3/2-Format mit 4 Surround-Strahlern gemäß ITU-R BS. 775-1 („Pseudo-3/4-Format“)

Prinzipiell kann man – in Abwandlung der Optionsmöglichkeit – in entsprechender Weise auch eine Abstrahlung der Rauminformation von oben vornehmen, wie schon früher empfohlen^{38, 39,10} und in der Beschallungstechnik üblich. Ob dazu die Nutzung eines separaten Kanals sinnvoller ist (z.B. die alternative Nutzung des LFE-Kanals, siehe unten, der im Heim ohnehin meist überflüssig ist), ist eine andere Frage, auf die noch eingegangen wird.

³⁸ Buttenberg, Wege zum echten Klangerlebnis. DWP 5780/1951; Radio und Fernsehen, (1958), H.9, S.289-292.

³⁹ Steinke, G., Modern sound technology in large auditoria and in small listening rooms. 93. AES Convention, 1992. Preprint Nr. 3380, sowie Fels, P., 20 Years DSS-High Quality Design. Vortrag zur 100.AES-Convention, 1996, Kopenhagen.

Daneben ist natürlich auch die Abbildung von Effekten und Schallquellen im hinteren Hörbereich möglich.

Von großer Bedeutung und von besonderem Vorteil ist dazu die getrennte Handhabung der Direktschall- (D-) und der Raumschall- (Reflektiertschall-, R-) Informationen bereits beim Aufnahme-prozeß. Sie ermöglicht u.a. unterschiedliche Größe und Art der Einbeziehung, Kontinuität der Umhüllung usw. Diese schon in den sechziger Jahren^{5,6,10,24,26} gewonnene Erkenntnis setzt sich bei der Suche nach geeigneten Mikrofonanordnungen – je nach Anwendungsfall – immer mehr durch^{8,9}. Dabei sollten nicht nur die sog. Seitenreflexionen für das Einhüllungsgefühl erfaßt werden, sondern auch vor allem die intensitätsreichen Raumreflexionen im hinteren Teil des Aufnahmesaales (im vorderen Teil sind sie sehr singulär und intensitätsschwach). Natürlich müssen dabei die Direkt-Signale aus dem vorderen Raumteil, also alle Hauptmikrofon-Informationen bzw. Stützsignale, entsprechend verzögert werden, wenn die Abstände die Echogrenzen erreichen, und wie es seit 1960 mancherorts schon die Praxis ist (aber häufig unterschätzt wird). Je nach Raumgröße und Werkcharakter wird man aber auch dabei modifizieren müssen (s.a. dazu^{8,10}).

- **Bewegungen von Schallquellen sind nicht mehr nur auf die Frontebene begrenzt, sondern zwischen allen 5 Strahlern in gewissen Umfang möglich.**

Echte und steuerbare Rundum-Bewegungseffekte sind bekanntlich mit lediglich 5 Strahlern nicht erreichbar; mindestens 6 wären erforderlich. Für die meisten Fälle, zum Beispiel spezielle Effekte beim Drama, ist die Bewegung von Quellen außerhalb des Frontalbereichs in akzeptablem Umfang jedoch auch beim 3/2-Format einigermaßen machbar. Beim Film tendiert man inzwischen zu einem zusätzlichen sechsten Hinten-Kanal, vor allem, um auch reale Hinten-Eindrücke zu vermitteln.

Mit der üblichen Verfahrens- und Wiedergabetechnik läßt sich allerdings auch beim 3/2-Format der Abstand zwischen den Hörern und den Simulationsebenen nicht überbrücken; es ergibt sich gewissermaßen eine „Rundum-Projektionsfläche“, ein Rundpanorama. Dies zeigen ernüchternd typische Beispiele, wie Regen, Beifall u.ä.. Für den Hörer im Heim war es bisher eine normale Situation, einen Abstand zu Lautsprechern als gegeben zu akzeptieren; diese Situation wird offensichtlich bei Surround-Sound-Wiedergabe bewußter empfunden, z.T. auch als unbefriedigend. Deckenstrahler können auch nur mildernd wirken.

5. Zur Richtcharakteristik der Haupt-Lautsprecher der 5 Kanäle.

Mit Rücksicht auf die Vielfalt der wiederzugebenden Programme sollten nur hochwertige Monitor-Lautsprecher verwendet werden, mit angemessener Richtcharakteristik, 60° Abstrahlwinkel sind üblich bei ca. 4 dB Abfall an den Grenzen; Bündelungsmaß ca. 8 dB linear ab 250 Hz; möglichst auch unter 100Hz mit nierenförmiger Richtcharakteristik.

Für die Frontalstrahler ist dies von Vorteil für die stereofone Auflösung/Präzision der Abbildung, aber auch Klangfarbe, Durchsichtigkeit, Vermeidung von unerwünschten Raumreflexionen usw. Gleichermaßen gilt dies auch für die sog. Surround-Strahler (LS, RS), damit darüber außer der Realisierung von diffusen Schallfeldern ebenso reale seitliche /hintere Quellpositionen darstellbar sind. Die Zuhilfenahme von Reflexionen des Hörraumes kann nicht mehr (wie bei früheren Mehrkanal-Wiedergabesystemen) vorausgesetzt werden, denn diese sollten in optimalen Hörräumen für diesen Zweck nicht mehr ausreichend vorhanden sein; dagegen finden sie sich meist noch im Heim. Wie die Praxis zeigt, bringt die Anordnung von 5 Lautsprechern bereits genügend Gefahren für unerwünschte Spiegelquellen durch Störreflexionen an Wänden und Einbauten mit sich, so daß gleichmäßige Absorptionsverteilung zweckmäßig ist. Außerdem sind alternativ zu den Rauminformationen auch sehr präzise Klangeffekte und Tontricks bzw. Popmusikklänge aus allen 5 Hauptrichtungen abzustrahlen, so daß man hier nach anderen Lösungen suchen muß. Strahler mit breiter Richtcharakteristik und geringem Bündelungsmaß können scheinbar

die Hörzone vergrößern, dies geht jedoch zu Lasten von stereofoner Auflösung und Phantomschallquellengröße. Andererseits geben bei Heimwiedergabe die von den Surround-Lautsprechern dort hervorgerufenen stärkeren Raumreflexionen eine erwünschte stärkere Einbeziehung; sicher dabei auf Kosten der Präzision der Frontabbildung – ein kaum vermeidbarer Kompromiss (T. Holman propagiert dafür sog. Dipolstrahler).

Der Eindruck der Einhüllung kann bei Verwendung von gerichteten Surround-Strahlern außerhalb vom optimalen Hörort als unzureichend empfunden werden; daher ist die in Bild 3 gezeigte Option von zwei zusätzlichen Lautsprechern für die vorgegebene Kanalzahl (3/2) durchaus sinnvoll, da sich damit die Hörzone auch in der Tiefe erweitert. Allerdings kann auf diese Weise keine einzelne Realschallquelle bei 180° wiedergegeben werden. (Dies ist z.B. mit einer Matrixcodierung, wie beim 3/1-Matrixsystem für den Mittenkanal, möglich und wird inzwischen beim Film angewendet. Zur Frage der Notwendigkeit eines 6. hinteren Strahlers bzw. 6. Kanals, wie schon oben erwähnt, werden im Abschnitt 10 noch Überlegungen angestellt).

Zur **Endbeurteilung** sollte auch bei Anwendung der beschriebenen Option dennoch stets auf die Referenzanordnung 3/2 am Referenzort umgeschaltet werden, andernfalls kann sich – wie die Praxis kürzlich u.a. an einer Orgelabmischung erneut deutlich zeigte - das D/R-Verhältnis schon bei geringen Ortsabweichungen und die evtl. zusätzlichen Lautsprecher merklich verschieben.

Um die räumliche Einbeziehung zu verstärken, könnten diese zusätzlichen Lautsprecher auch geringere Richtwirkung besitzen und somit eine diffusere Abstrahlung bewirken. Benutzt man, wie für Klassik mitunter vorgeschlagen, für die Wiedergabe der LS/RS-Signale ausschließlich so genannte Diffus-Strahler (oder die o.a. Dipol-Strahler nach Holman²⁵), kann der nutzbare Hörbereich zwar größer werden, man muß dann aber stärkere Klangfarbenunterschiede und die Beeinträchtigung der Kompatibilität für andere Programme in Kauf nehmen (gutes Testbeispiel auch hierfür: Beifall). Klassik ist zwar bekanntlich der kleinste Anteil bei der Musikproduktion, aber er ist der anspruchsvollste, für den die höchsten Anforderungen zu definieren sind. Mit Rücksicht auf die vielen anderen Genres sind daher identische Eigenschaften der Lautsprechereigenschaften, eben auch für die Surroundkanäle und besonders für den Center, sinnvoller. Für zusätzliche Wünsche sollte man hier durch Ergänzungen, Umschaltungen der Richtcharakteristik u.ä. optimieren, wie noch erläutert wird.

6. Die Lautsprecher-Kreisanordnung und Grenzen der Hörzone

Wer von der Kreisanordnung für die Lautsprecher abweichen muß, benötigt bekanntlich dafür jeweils korrekten Pegel- und/oder Laufzeitausgleich, gemäß den Empfehlungen für die Praxis SSF-01 und -02; neuere Heimgeräte⁴⁰ ermöglichen dies. Bezug ist stets der neu hinzugekommene Center-Lautsprecher, der die Stabilität des Frontal-Klangbildes erhöhen kann, wenn bei der Produktion entsprechend darauf Rücksicht genommen wird (übrigens ein weiterer Grund, daß auf einen Mitten-Lautsprecher nicht ohne weiteres verzichtet werden kann).

Dabei gibt es natürliche Grenzen, die beachtet werden sollten. U.a. kann die nutzbare Hörzone nicht größer sein als der Bereich, der durch die Richtcharakteristik der Direktstrahler und ihre Toleranzen vorgegeben ist. Benutzt man die empfohlenen fünf gleichen Lautsprecher (mit gleichen Eigenschaften und ausreichend hohem Bündelungsmaß) in der vorzugsweisen Kreis- und Winkelanordnung, dann wird die Größe der nutzbaren Hörzone durch die Eigenschaften aller Strahler, also auch der Surround-Lautsprecher, mitbestimmt:

Gemäß SSF-01 und weiteren internationalen Standards ist bei Monitor-Lautsprechern für die Richtcharakteristik in der Horizontalebene bei $\pm 30^\circ$ eine Abweichung von max. 4 dB zugelassen. Nimmt man für die 5 Lautsprecher diese $\pm 30^\circ$ -Grenzen auch als Begrenzungslinien für eine maximale nutzbare Hörfläche, ergibt sich ein Gebiet, das auf etwa den halben Radius des Aufstellungs-Durchmessers begrenzt wird. Hier wird aber der vor allem entscheidende Präzedenz-Effekt schon vorher einschränkend wirken, je nach Programm und den Anforderungen, die man sich für solche Abweichungen selbst stellt. Im Hinblick auf praktische Möglichkeiten einer kleinen Höreranzahl, die eng gedrängt sitzt, sollte daher eine solche Hörerfläche einen **Radius von 0.8m** bei einer Basisbreite von 2...4m nicht überschreiten. Auf diese Weise kamen die internationalen Empfehlungen zustande, denen sich auch das SSF in Empfehlung 01/2002, Tabelle 3, anschloß.

Eine so ermittelte Anordnung enthält die Ergänzung der EBU-Empfehlung (Tech 3276), gemäß **Bild 4**, die bei Produktionen nur zu gelegentlichen Kontrollzwecken genutzt werden sollte. Der Grund ist, daß selbst die scheinbar geringe Platzabweichung nach vorn oder hinten um $\pm 0.8\text{m}$ bereits eine Veränderung der Abhörlautstärke und vor allem des D/R-Verhältnisses (der Front- zu Surround-Kanäle) hervorruft. Die hierbei auftretenden geringen Pegelunterschiede, etwa bis zu 2 dB, verändern den Eindruck gegenüber dem Bezugsplatz nicht unerheblich. Dies ist nicht unbedingt im Sinne einer Verschlechterung zu werten, zeigt aber die Bedeutung eindeutiger Kontrollen am Bezugsplatz, sowie die Grenzen bzw. Möglichkeiten für eine größere Hörzone für unterschiedliche ästhetische Erwartungen.

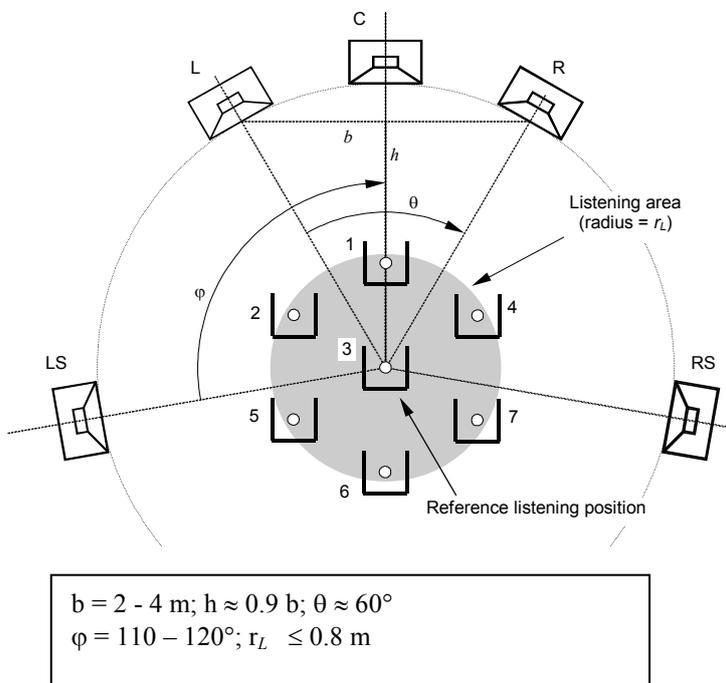


Bild 4 Mehrkanal-Höranordnung gem. EBU Tech 3276

⁴⁰ u.a. z.B. SONY AV Control Amplifier E 9000 ES

Der Hörer im Heim wird sich die ihm zusagende Entfernung selbst wählen, oder ggf. das Pegelverhältnis zwischen vorn und hinten verändern.

(Ganz ungeeignet für die vorliegenden Betrachtungen ist dagegen ein von *Marina Bosi* mehrfach in Vorträgen und Veröffentlichungen⁴¹ aus der Empfehlung ITU-R BS. 1116⁴² entnommenes Bild. Es zeigt spezielle Extremfälle bei Einzelkontrollen in Hörtests direkt vor den Strahlern. Diese Hörplätze beim halben Hörabstand D bzw. dem halben Basisabstand B sind ausgewählte Sonderbedingungen für Tests an Audiosystemen mit „kleinen Mängeln“ (small impairments); diese Anordnung wird als „worst case“ bezeichnet).

Im praktischen Fall ist natürlich auch die gewählte Mikrofonttechnologie von Einfluss. Bei vorwiegender Intensitäts- (d.h. Schalldruckpegeldifferenz-) Stereo-Aufnahmetechnik können bekanntlich Schallquellenpositionen sehr präzise und mit hoher Präsenz abgebildet werden (d.h., die Phantom-Schallquellen erscheinen an genau definierten Orten), was zu starker Platzabhängigkeit führt.

Bei laufzeitkorrigierten Abweichungen der Lautsprecherpositionen wird diese vorgegebene maximale Hörfläche zwangsläufig unterschritten werden – eine weitere Begründung, daß man in Studios stets die optimale Standard-Anordnung einhalten sollte. Andernfalls können sich systematische Beurteilungsfehler einschleichen, und das sollte man für die stets mit größerem Aufwand verbundenen Mehrkanal-Produktionen niemals zulassen. Dagegen kann man auf der Heimseite mit speziellen Bearbeitungstechnologien Verbesserungen erzielen, z.B. gemäß⁴³ (siehe auch Abschn.10).

Mitunter wird in einzelnen unabhängigen Studios versucht, durch Abweichen vom Welt-Standard eine bessere Vorgehensweise für eine sog. „Sweet Area“, also eine optimale Hörzone, zu finden; damit wird jedoch die Kompatibilität im Programmaustausch aufs Spiel gesetzt!

Die Meinung der Filmtone-Produzenten steht dazu nicht im Gegensatz, denn die Tonsignale für Filme und DVD sollen – unabhängig von der Art der gewählten Datenbearbeitung – für die gegenseitige Anwendung weitgehend bzw. nach spezieller Bearbeitung kompatibel bleiben. Z.B. ist in neueren Unterlagen von DTS (einem Unternehmen, das ein eigenes Codierungsverfahren bei höherer Datenrate, also geringerer Datenkompression, bis ca. 1:4, für Aufzeichnungen verwendet) für Musikproduktionen der Aufstellungswinkel der LS/RS-Lautsprecher mit $\pm 120^\circ$ angegeben, was noch innerhalb der Standard-Toleranzen von $110^\circ \pm 10^\circ$ liegt (zitiert in⁴⁴).

(Da die vormalige AES-Präsidentin, Marina Bosi, ehemals Codierungsexpertin bei Dolby Inc., inzwischen bei DTS tätig ist und selbst die ITU-Standardkonfigurationen akzeptiert⁴¹, werden künftig dort wohl keine Abweichungen mehr auftauchen).

Nicht verständlich ist dagegen, daß SONY in den Bedienungsanleitungen seiner Audio-Heimgeräte (z.B. bei dem o.a. Prozessor [40]) einen Hörwinkel für die Frontlautsprecher L/R von 45° (entsprechend dem Bezugsplatz in Filmstudios) anstelle der seit über 40 Jahren üblichen 60° für die etablierte Heim-Zweikanalwiedergabe empfiehlt; schließlich muß die prinzipielle technische Kompatibilität zu Zweikanal-Stereo weiterhin gewährleistet werden – kein Hörer wird die Lautsprecher jeweils für CD- oder für Film-Wiedergabe umstellen wollen!

⁴¹ Bosi, M.: High-Quality Multichannel Audio Coding: Trends and Challenges, 106. AES Convention, München, 1999. Journ. AES 48 (2000), Nr. 6, S. 588 – 595.

⁴² Recommendation ITU-R BS. 1116-1: Methods for the Subjective Assessment of Small impairments in Audio Systems including Multichannel Sound Systems, 1998/99, Abb.7.

⁴³ Fels, P., Steinke, G., Wüstenhagen, G.: Mehrkanal-Stereo-Prozessor für Wohn- und Präsentationsräume. Fernseh- und Kinotechnik 51 (1997), Nr. 4, S.203 – 209.

⁴⁴ M. Lachmann: Kompatibilitätsüberlegungen bei der akustischen Gestaltung von Regieräumen für die Surroundproduktion. Vortrag zur 20.TMT, 1998, Karlsruhe. Sammelband S. 113.

7. Der LFE-Kanal: Nützlich? Austauschbar?

Der Standard für das 3/2-Format enthält bekanntlich eine weitere Option:

Aus dem Filmbereich kommt der besondere **Effektkanal 'LFE'** für den Tieftonbereich von 20 bis max. 120 Hz (LFE = Low Frequency Enhancement bzw. Extension bzw. vorzugsweise Effect). Während er, nach Erstanwendung 1987 (*Star Wars*), beim Film von der SMPTE 1989 als verbindlich eingeführt wurde, stellt er für die übrigen Studio- und Heimformate gemäß ITU-Empfehlung BS.775-1 [1] lediglich eine Option dar und **kann – er muß also nicht**, wie oft vermutet wird – als Ergänzung genutzt werden. Wegen der geringen Frequenzbandbreite des LFE-Signals von 20 bis ca. 120 Hz wird er aufgrund eines Vorschlages von T. Holman mit **"0.1"** bzw. **"/1"** bezeichnet (somit also **3/2/1** bzw. **5.1** sowie **5/2/1** bzw. **7.1**).

Dazu ist die Vorschrift von SMPTE für den Filmbereich zu beachten, daß für das LFE-Signal im großen Film-Mischatelier ein bis zu +10 dB höherer Eingangsspegel für die speziellen Lautsprecher, sog. Subwoofer, einzustellen ist (in kleineren Räumen entsprechend weniger). Für den Film waren die eingeschränkten Möglichkeiten der Wiedergabe von Tonsignalen mit hoher Dynamik, bei der früher gegebenen Begrenzung auf 12- bis 16-bit-Formate, die den erforderlichen Störabstand nicht zuließen, wesentliche Gründe, einen solchen separaten Kanal geringer Bandbreite einzuführen. Vorteilhaft ist im Kino natürlich, daß durch den separaten LFE-Kanal keine Intermodulationsprodukte in den Hauptkanälen bei starken Tiefstfrequenzen auftreten können. Hochqualitative Monitorlautsprecher beherrschen dies ohnehin.

Aber:

Die Bedeutung des LFE-Signals ist gemäß den gültigen SMPTE-Reglements und dem ATSC-Standard A/54 eindeutig definiert, wie es auch in fast wörtlicher Übersetzung eingehend in der Empfehlung SSF-01 des Surround-Sound-Forums dargelegt worden ist:

„Es ist wichtig, daß bei der Produktion“ (von Filmen mit Mehrkanalton) „jegliche Anteile tiefster Frequenzen, die für die Vollständigkeit des Programminhalts sehr bedeutsam sind, nicht dem LFE-Kanal zugeordnet werden. Das LFE-Signal sollte Programmanteilen extrem tiefer Frequenzen sowie sehr hohen Pegeln unterhalb 120 Hz vorbehalten bleiben, deren Fehlen bei der Wiedergabe die künstlerische Vollständigkeit des Programms nicht beeinträchtigt.“

„Programme, die ursprünglich für den Film produziert wurden, müssen für Fernsehübertragungen bzw. jegliche Heimanwendung (also auch DVD) entsprechend bearbeitet werden. Es kann notwendig sein, Anteile des Inhalts des Tieftonkanals in die Kanäle voller Bandbreite einzumischen.“ (nach⁴⁵).

So kann manche DVD und kann damit auch der Filmfan (im Eigenheim?) dieses beim Film übliche, zusätzliche LFE-Signal bei verstärkter Wiedergabe des Bereiches 20...120 Hz nutzen. Der Hörer, der beliebige Programme nutzen will, ist mit 5 hochwertigen Lautsprechern ab 40 Hz oder 5 Boxen geringeren Volumens mit ergänzendem Subwoofer (Übergangsfrequenz ca. 80 Hz), bei insgesamt linearer Betriebs-Schallpegelkurve, ausreichend versorgt, da ihm nach dieser Vorschrift keine programmrelevanten Teile verloren gehen dürfen. Sollte er Frequenzanteile bis 20 Hz herab wünschen, ist ein spezieller Subwoofer erforderlich. Studio-Monitore sollten ohnehin ab ca. 26 Hz beginnen.

⁴⁵ Proposed SMPTE Standard for Television: Channel Assignments and Levels on Multichannel Audio Media. ITU Information Document ITU-R. 10C/11 and 10-11R/24; 16 March 1998 (E).

Die erwähnte mögliche Ergänzung des Tieffrequenzbereiches von 5 Normal-Lautsprechern durch einen Subwoofer, im Amerikanischen die sogenannte „Bass Management Technology“, darf jedoch nicht mit der erläuterten speziellen Abstrahlung des LFE-Signals verwechselt werden.

Der Autor möchte anregen, zunehmend auf die Propagierung der Anwendung des LFE-Kanals im Heim und somit auf die ständige Formatbezeichnung 5.1 dort zu verzichten, da der Hörer durch die damit verbundene Irreführung verunsichert und evtl. zu einem unnötig höheren Aufwand angeregt wird. **Der Heim-Basis-Standard und somit Vorzugs-Standard ist eben das 3/2-Stereo-Format, also nicht 5.1!** Als weitere Schlußfolgerung bietet sich der künftige völlige Verzicht auf diesen für das Heim überflüssigen Kanal bei Einführung der DVD-Audio an. Da die DVD-Audio mit 6 gleichberechtigten Kanälen voller Bandbreite ausgestattet werden kann, ist die Verwendung eines diskreten LFE-Kanals nur für gelegentliche Filmeffekte eine Verschwendung, da man diese bei der insgesamt hohen Wortbreite von 20...24 bit auch in andere Kanäle einspeisen kann.

Bei der Diskussion über eine andere Nutzung des LFE-Kanals wäre die Verwendung als zusätzlicher Kanal, z.B. im Surround-Bereich, wesentlich effektiver. Ggf. lassen sich darin auch zwei weitere Surround-Kanäle unterbringen usw., entsprechend der Praxis beim Independent TV/UK, siehe unten.

Die Begründung für die Einführung des LFE-Kanals beim Film soll hier dagegen nicht in Abrede gestellt werden: Die ISO-Hörkurven zeigen zu recht, daß auch bei höheren Schallpegeln über 80 dB eine Anhebung der Frequenzen bei 100 Hz um ca.10 dB erforderlich ist, um den gleichen Lautheitseindruck wie im mittleren Frequenzbereich zu erzielen. Die Frage ist nur, ist dies in allen Fällen notwendig. Für Konzertsäle ist dies als erforderlich bekannt, und sollte dort keineswegs nur auf bestimmte Genres der Musik bezogen werden, wenn höhere Schalleistungen erzielt werden sollen. Auch in Großkinos mag dies verständlich sein, da dort ja entgegen den Erfahrungen der Beschallungstechnik nicht flächendeckend und nicht mit gleichmäßiger Pegelverteilung „beschallt“ wird bzw. versorgt werden kann, wohl aus Kostengründen. Es handelt sich dabei aber nicht um eine bloße Anhebung der Schallpegelkurve, sondern die Fähigkeit, im unteren Bereich eine größere Aussteuerungsreserve für gelegentlich vorkommende sehr starke Pegelwerte zu besitzen.

Durch die ungeeignete Anwendung von Rechenverfahren aus dem Immissionsschutz zur Näherung an die subjektiven Größen wie Lautheit und Lästigkeit (häufig wird dazu der „Äquivalente Dauerschallpegel“ herangezogen) ist man jedoch im Filmwesen der Meinung, kurzzeitig tieffrequente hohe Schallimpulse bei Einhaltung eines bestimmten Mittelwertes (Mittelungspegels) dem Hörer zumuten zu können. Die Anwendung dieser auf dem Äquivalenzprinzip benutzten Formeln dafür ist jedoch fragwürdig. Für Wohnräume wäre die Forderung nach zusätzlichem 10-dB-Headroom bis herab zu 25 Hz nicht gerechtfertigt. Hierzu sind noch exaktere Untersuchungen erforderlich.

(Man kann sich übrigens noch an die frühere europäische Meinung zum ‚American Sound‘ erinnern – starke Tiefen- und Höhenanhebungen in USA wurden damals als eine Modeerscheinung angesehen, im Gegensatz zur europäischen Tendenz nach linearer Übertragungskurve im Wiedergaberaum. Heutzutage kritisieren dagegen amerikanische Fachleute den ihrer Meinung zu starken Höhengehalt bei deutschen Rundfunksendern. Offensichtlich spielt der Zeitgeschmack auch immer eine Rolle).

8. Sinnvolle und anwendungsorientierte Nutzung des Standards

Die hohen Anforderungen für Signal- und Lautsprecher-Konfigurationen sowie für die Hörbedingungen lassen sich nicht in allen Fällen erfüllen. Man muß daher für die Anwendungen wie bisher die folgenden Einsatzgebiete unterscheiden:

1. Produktion und Qualitätsüberwachung
2. Mehrkanal-Vorführungen in mittleren und großen Demoräumen
3. Heimwiedergabe.

Es sollte sich von selbst verstehen, daß für Test- und Referenz-Hörräume sowie zur Qualitätsüberwachung die höchsten Anforderungen für die Hörbedingungen zu erfüllen sind. Diese sind in internationalen Empfehlungen niedergelegt und vom Surround-Sound-Forum in deutscher Fassung veröffentlicht worden⁴⁶. Das umfangreiche Gebiet der Qualitätskriterien und der Qualitätsüberwachung bei Surround-Sound wurde kürzlich zusammenfassend und mit weiteren Hinweisen dargestellt⁴⁷.

Aus allen Unterlagen ist erkennbar, daß die notwendigen Angaben für die Parameter und Werte für Mehrkanal-Hörräume und ihre Konfigurationen, die raumakustischen Bedingungen, Monitor-Lautsprecher usw., trotz vielfältiger Untersuchungen noch nicht ausreichend bestimmt werden konnten, und somit eigentlich nur Mindestbedingungen aus heutiger Sicht darstellen. Sie müssen mit zunehmendem Wissensstand ergänzt werden. Das Ohr des anspruchsvollen Tonmeisters ist also weiterhin gefragt, denn: "Content is more important than technical standards!". Standards sind stets unvollkommen. Und gute Tonmeister können auch unter unvollkommenen Bedingungen gute Aufnahmen produzieren. Alles das sollte aber nicht zur Mißachtung des inzwischen erreichten Erkenntnisstandes für Qualitätsforderungen und falschen Sparmaßnahmen führen, sondern vielmehr darauf aufbauen, um stets optimale Ergebnisse zu erzielen.

Während bei **Produktionsbeginn**, d.h. bei der reinen Signalaufnahme (Primärsignal-Erfassung), die örtlichen Bedingungen respektiert werden müssen, soweit sie die Kontrollfähigkeit über die Mikrofontechnologie nicht einschränken, sollten bei den Prozessen der Abmischung/Bewertung/Mastering für den Regieraum keinerlei Konzessionen gemacht werden; andernfalls sind die Möglichkeiten des 3/2-Formats nicht voll übersehbar und einschätzbar, es können Fehler bei der Produktion entstehen, die erst später bemerkt werden. Man wird aber auch hier wieder entsprechend dem Programminhalt differenzieren müssen. Für bestimmte Programmarten, z.B. Klassik, sollten die Standards ohne Abstriche gelten; hier ist auch die Lautsprecherkonfiguration optimal zu realisieren, und es kann dabei auch nur einen Referenz-Hörort geben.

Für **Demoräume** gelten zusätzliche Bedingungen, wie sie aus der Beschallungstechnik bekannt sind: Während man hier bei den raumakustischen u.a. Parametern größere Toleranzen in Kauf nehmen kann, ist die erforderliche große Hörfläche nur durch eine höhere Anzahl von Lautsprechern und entsprechende Signalbearbeitung (z.B. DSS-Prozessing^{39, 43}) zu realisieren. Hier gilt verstärkt die Beachtung des Präzedenzeffektes, d.h., des Gesetzes der ersten Wellenfront, wenn man viele Hörplätze versorgen muß (Dies wurde kürzlich durch Untersuchungen am King's College London⁴⁸ erneut bestätigt). Eine große Hörfläche ist eben nur erreichbar, wenn die Hörer an allen Plätzen des Raumes die erste Wellenfront jeder primären Schallquelle bzw. hier eines Simulationsstrahlers direkt und zuerst erreicht, und erst danach - in gezielter Reihenfolge nach entsprechendem Algorithmus und

⁴⁶ die Empfehlungen für die Praxis SSF-01 (Hörbedingungen...) und SSF-2 (Mehrkanalton-Aufzeichnung...) sind unter der VDT-Homepage abrufbar.

⁴⁷ Steinke, G.: Surround-Sound für DVD und Rundfunk: Qualitätskriterien und -Überwachung. Fernseh- und Kinotechnik, 54 (2000), Nr. 5, S. 266 – 274; Nr. 6, S. 340 – 345; nach dem Vortrag „Quality Monitoring of Multichannel Signals for Surround Sound – An Overview.“ IBC Amsterdam, Sept. 1999.

⁴⁸ Landone, Chr.: Surround in Large Spaces, Vortrag zur AES British Section, Januar 2000, referiert im Journ. AES, 48 (2000) Nr.5, S.502/503.

ebenfalls richtungsorientiert! - die unterschiedlichen Schallwellen der einzelnen Versorgungsstrahler am jeweiligen Platz eintreffen. Nur bei Befolgung dieser Gesetzmäßigkeit erhält der Hörer stets den ersten und richtigen Stimulus zur Entfernungs- und Richtungslokalisierung. Dabei darf nicht übersehen werden, daß durch solche Technologien (bei denen z.B. jeder Lautsprecher alle Richtungssignale zeitlich und pegelmäßig unterschiedlich abstrahlt) Klangbildüberlagerungen entstehen. Doch für Demoräume und Heimbedingungen könnte man dies als zulässig ansehen.

Im Heim wird man sich zunächst auf 5 Lautsprecher beschränken müssen und können. Der LFE-Kanal ist dort ohnehin überflüssig. Bei einem größeren Hörerkreis ist je nach den Möglichkeiten dann eine Erweiterung der Hörzone durch zusätzliche Surround-Strahler die sinnvollste Lösung. Den vorgegebenen Parameterwerten der Standards wird man sich im Allgemeinen nur nähern können; es ist wohl aber verständlich, daß ein spezieller Heimstandard wegen der Vielfalt der Heimbedingungen kaum generell realisierbar ist. Für eine optimale Heimversorgung benötigt man spezielle Prozessoren, wie z.B. in [43] empfohlen.

Bei den folgenden Überlegungen sind jeweils die unterschiedlichen Einsatzbedingungen zu beachten, auch wenn nicht jeweils explizit darauf hingewiesen wird.

Es gibt also kein "Durcheinander bei der Standardisierung", wie mitunter in Veröffentlichungen behauptet wird. Wenn man z.B. in einem Raumakustik-Beitrag mit Bedauern lesen muß⁴⁹, daß bei einem aufwendigen Umbau/Neubau z.B. nur eine "Stereo-Regie mit untergeordneter Mehrkanalausstattung" realisiert werden konnte, sind somit Einschränkungen in unterschiedlichster Hinsicht bereits programmiert, da die Räume offensichtlich nicht standardgemäß für das 3/2-Format optimiert werden konnten. Dabei sei hier dahingestellt, ob häusliche Zwänge bestanden oder das Forderungsprogramm bzw. die Bearbeitung durch die Raumakustiker unzureichend war.

Für die subjektive und objektive Einstellung und Kontrolle der Wiedergabeanlage eignet sich vor allem die seit 1998 verfügbare Test-DVD (sie erschien zur 21. TMT in einer verbesserten Neuauflage) des Surround-Sound-Forums; über Verbesserungen und Vereinfachungen werden auch dazu internationale Vorschläge ausgetauscht.

9. Hierarchie der Wiedergabe-Formate⁵⁰ und Codierungen

9.1 Wiedergabeformate

Das 3/2-Stereo-Surround-System ist – unabhängig von den für Übertragung und Aufzeichnung benutzten Codierungsverfahren - plausibel eingebettet in eine Hierarchie von mehrkanaligen Tonformaten, um damit die Voraussetzung für einheitliche, flexible und kompatible Anwendung bei Fernsehen, Hörfunk, Film, Multimedia und bei band- und plattenförmigen Bild- und Tonträgern zu gewährleisten. Für diese Hierarchie, abwärtskompatibel bis herab zum Monoformat, gemäß **Tabelle 4**, gelten entsprechende Matrizierungsbedingungen (siehe in [1]) zur Addition der Teilsignale auf der Sendeseite oder auch Wiedergabeseite, je nach Wiedergabesituation; z.B., wenn aus den Multisignalbündeln nur einzelne Signale abgeleitet werden sollen (z.B. das 2/0-Format, die konventionelle Zweikanal-Stereofonie).

⁴⁹ "Eiertanz – Akustische Lösungswege für die Surroundwiedergabe in Tonstudios", J.Veith, Studio Magazin, 03/99, Nr.233, S. 42.

⁵⁰ Entnommen der "Empfehlung für die Praxis" des Surround-Sound-Forums, SSF01-2002.

System	Signale / Kanäle	Code I	Code II	Lautsprecher-Anordng.
Ein-Kanal (Mono) System	M	1/0	1 + 0	Frontal 0°
Zwei-Kanal-Stereo	L/R	2/0	2 + 0	Frontal 0°, ± 30°
Zwei-Kanal-Stereo + 1 Surround	L/R//MS	2/1	2 + 1	Frontal 0°, ± 30° +seitlich ± 110°
Zwei-Kanal-Stereo + 2 Surround	L/R//LS/RS	2/2	2 + 2	“ “
Drei-Kanal-Stereo	L/C/R	3/0	3 + 0	Frontal 0°, ± 30°
Drei-Kanal-Stereo + 1 Surround	L/C/R//MS	3/1	3 + 1	„ + rückwärts
Drei-Kanal-Stereo + 2 Surround	Basis-Standard L/C/R//LS/RS	3/2	3 + 2	Frontal 0°, ± 30° + seitlich ± 110°
Drei-Kanal-Stereo + 2 Surround + 1 Effektkanal	L/C/R//LS/RS + LFE	3/2/1	3 + 2 + 1	usw., entsprechend abzulei- ten
Fünf-Kanal-Stereo + 2 Surround	L/LC/C/RC/R//LS/RS	5/2	5 + 2	“
Fünf-Kanal-Stereo + 2 Surround + 1 Effektkanal	L/LC/C/RC/R//LS/RS + LFE	5/2/1	5 + 2 + 1	“

Tabelle 1:

Hierarchie kompatibler Mehrkanal-Tonsysteme für Rundfunk/ Film/ Aufzeichnung (nach[1])

Auch die bisher bestehenden **3/1-Matrix-Formate** (3 Frontsignale, ein Surround-Signal) sind in die Hierarchie eingeordnet und können mit der 3/2-Konfiguration wiedergegeben werden, da das monofone Surround-Signal zwei Lautsprecher (gleichphasig) versorgt. Das 3/1-Format wurde auf Wunsch Japans als Ausnahme für das dortige MUSE-Übertragungssystem mit im ITU-Standard eingeordnet.

Darüber hinaus sind auch über dem 3/2-Format liegende Systeme möglich und aufwärts-konvertierbar anzupassen - z.B. 5/2 bzw. 5/4 usw. Diese Formate sind nicht im ITU-Standard vorgesehen, da sie für das Heim als wenig realistisch angesehen werden. Dagegen wird das Format mit 5 Frontallautsprechern (5/2/1) seit längerem im Filmbereich angewendet (hier ist das Gremium SMPTE zuständig) und auch tw. für die DVD vorgesehen. Es sollte dafür derart produziert werden, daß es ebenfalls abwärtskompatibel zum 3/2- und 2/0-Format ist. Zu beachten ist, daß im Gegensatz zum 3/2-Heimformat beim adäquaten Filmformat dort die Surround-Signale –3 dB im Pegel gegenüber den Frontsignalen abgesenkt sind, was mit Rücksicht auf das 3/1-Format festgelegt wurde.

Bei allen weiteren Formatkombinationen ist jeweils die Referenz-Anordnung zugrunde zu legen, der bei gleicher Anzahl von Quellensignalen ggf. weitere Lautsprecher zugeordnet werden können, um die Wirkung einer Einhüllung (Umhüllung) zu vergrößern bzw. diskrete Schallquellen an einer höheren Anzahl von Orten auftreten zu lassen, so daß eine Auf- bzw. Abwärtskompatibilität gewährleistet wird.

9.2 Codierformate

Für Übertragungs- und Aufzeichnungszwecke sind die bekannten Codierformate MPEG-2-Audio und MPEG-AAC in der Lage, Multiplexsignalbündel zu transportieren - bis zu den Formaten 7.1 bzw. Dolby Digital (AC-3) bis zu 5.1; eine Voraussetzung für alle Überlegungen zu ihrer Optimierung bzw. Erweiterung. Die Codierung von DTS (Digital Theater Systems) realisierte mit einem speziellen Algorithmus "Coherent Acoustics" bisher das 5.1-Format, und erweiterte dies jetzt bis 6.1 (s.u.).

Die Codierungsverfahren MPEG-Audio und Dolby Digital können bei höherer Datenrate

akzeptable Qualitäten erreichen. Die mit Rücksicht auf das Bitbudget für das Videosignal festgelegte Datenrate bei der DVD für Dolby Digital (AC3) ist mit vorzugsweise 448 kb/s allerdings nur ausreichend und kann zu merkbaren Artefakten führen; eine Überwachung über Referenz-Codecs während der Produktion bzw. Abmischung ist daher angebracht. Die Decoder verarbeiten aber auch höhere Datenraten (gemäß dem DVD-Software-Production Guide). MPEG-2 besitzt variable Datenraten bis 1 Mb/s; die Qualität ist hier ab ca. 760 kb/s als sehr gut einzuschätzen (siehe Testberichte, u.a.⁵¹), zumal ist das Format rückwärtskompatibel. Eine höhere Codiereffizienz bietet die Weiterentwicklung MPEG-AAC, ein allerdings nicht rückwärtskompatibles Format, an dem auch Dolby Inc. u.a. mitbeteiligt sind, und das sich zunehmend verbreitet.

Eine Sonderform ist die Ergänzung von Dolby Digital zu Dolby-EX (gemäß Holmans Vorschlag mit THX Surround EX), d.h. eine Erweiterung des Formates um einen rückwärtigen 6. Kanal, der bei +/-180°, also hinter dem Hörerplatz wiedergegeben und als Surround Back (SB) bezeichnet wird. Hierbei wird der 6. Kanal über eine Matrix aus den beiden Surround-Kanälen LS/RS abgeleitet, gewissermaßen ein 3/3* bzw. 3 + 3*-Format. Dieses Format ist kompatibel zu 5.1.

Auch DTS nutzt, in Anlehnung an Dolby-EX einen "DTS-E(xtended) S(urround) Discrete 6.1 Audio Standard"⁵² an, d.h., keinen eigentlichen 'Standard', sondern eine proprietäre Technologie zur Wiedergabe eines erweiterten Surround-Formates für Heimkinowiedergabe. Dabei kann der zusätzliche 6. Kanal 'echt' diskret übertragen werden, also 3/3 bzw. 3 + 3. Bisher hatte man lediglich die Matrix-Dolby-EX-Variante in Form des "DTS-ES 6.1 Matrix Coding" 'nachempfunden', wobei per Matrix das Surround-Back-Signal aus LS/RS gewonnen wird, wie bei Dolby EX.

DTS kann auf CD bzw. DVD Bitraten bis zu 1.536 kb/s unterbringen.

Daneben wird auch gleich der "welterste" A/V Surround-Verstärker für 7.1 (ein Anwendungszweck wird dabei nicht erwähnt) und 6.1, für DTS und Dolby THX propagiert (DENON AVC-A1SE), der inzwischen sogar zwei diskrete Zusatzkanäle enthält, um die Verwirrung bei den unterschiedlichen Codierungsformen komplett zu machen.

MPEG hatte die höhere Kanalzahl bereits in der Standardisierungsphase von MPEG-2-Audio angeboten, aber die Industrie zögerte so lange, bis Dolby erfolgreicher das Rennen machte. Insofern ist Dolby's Kritik zur IFA 1998 immer wieder zu zitieren, „**dass es für einen Ingenieur eine Dummheit ist, zwei oder drei Varianten für die gleiche Sache zu haben**“, d.h. nicht rechtzeitig einen einheitlichen Standard in der Codier- und Übertragungstechnik zu vereinbaren und dabei gleichzeitig auch für die Realisierung zu sorgen. Mehrfach-Standards gehen natürlich immer zu Lasten des Konsumenten.

Die zusätzlichen als Surround-Kanäle bezeichneten Wege müssen, wie schon auch bei 3/2, nicht unbedingt Surround-Signale tragen, sondern können auch von Real-Schallquellengebieten abgeleitet werden, insbesondere bei einem diskreten 6.1-Codiersystem. Dieses 3/3-Format war schon anfangs bei DTS für Musikaufnahmen auf CD genutzt worden (nicht voll stereo-kompatibel).

(siehe auch weitere Ausführungen im EBU-Report BPN 021: „Multichannel Audio: Different reproduction and delivery formats available on the market“, Geneva, April 1999. Autoren: W. Hoeg/G. Steinke)

10. Welche Modifikationen zur Optimierung der Mehrkanalwiedergabe sind erstrebenswert und welche davon sind auf der Basis der Standardkonfiguration realisierbar?

10.1 Allgemeines

⁵¹ Wüstenhagen, U., et al.: Internationaler Hörtest der Mehrkanal-Systeme MPEG-2 Layer II und Dolby AC-3. Vortrag zur 20. TMT, Karlsruhe, Tagungsbericht S. 680- 692.

⁵² Presseerklärung von DTS/deutsch vom 20.06.00.

Anhand der ausführlichen Darlegungen in den vorangegangenen Abschnitten und dem gegebenen Kompromiß des Standards können nun relativ kurz Wünsche und Forderungen zur Erweiterung bzw. Optimierung des Standards diskutiert, abgeleitet oder zurückgewiesen werden. Jegliche Veränderung des Standards könnte nur bei sehr begründeten, und der Allgemeinheit nutzenden Argumenten eingeleitet werden, bei Berücksichtigung der Vielfalt der zu bearbeitenden und wiederzugebenden Programme; insbesondere, weil Industrie und Anwender bereits seit einiger Zeit diesen Standard international weitgehend einheitlich anwenden.

Für die folgenden Betrachtungen ist vorauszusetzen, daß im Studiobereich die Mindest-Hörbedingungen gemäß SSF-01 und -02 eingehalten werden. Alles andere gibt Verfälschungen. Das bedeutet u.a., daß dabei in den seltensten Fällen Voraussetzungen für derartige ‚nützlichen‘ Reflexionen von Wänden und Decken vorhanden sind, mit denen durch entsprechende Anstrahlung über verteilte Lautsprecher eine vorteilhafte Vergrößerung der räumlichen Einbeziehung gefördert werden könnte. Im Gegenteil, wie bereits erwähnt, bringt die Anordnung von 5 Lautsprechern Gefahren für unerwünschte Spiegel-schallquellen durch Reflexionen an Wänden und Einbauten.

Im Heim kann dies zwar in gewissem Umfang möglich sein, sollte dort aber nur zur möglichen Ergänzung der Standardbedingungen genutzt werden.

Im Standard beschränkt man sich als den allgemeinen Fall auf eine horizontale Wiedergabeebene, sowohl für stereofone Auflösung (Richtungslokalisierung) als auch für die akustische Atmosphäre, also auf einen "periphonen" (perifonen) Surround-Sound. Wollte man aber die Zielstellung auf eine allseitige dreidimensionale Einhüllung und Wiedergabe definierter Schallquellen erweitern, ist es notwendig, zusätzliche Kanäle und Lautsprecher (oder abgeleitete Kanäle zur Bearbeitung der vorhandenen Signale) für Schall auch aus der vertikalen Ebene zu ergänzen (man spricht dann von "pantaphonen/pantafonen Systemen).

Für die bei Surround-Wiedergabe im 3/2-Format weiterhin fehlende Überbrückung des Abstandes zwischen dem Hörer und den verschiedenen Lautsprecherebenen kann der Standard bei herkömmlicher Lautsprechertechnik bisher keine akzeptablen Lösungen bieten. Die früher empfohlene Kombination mit binauralen Verfahren kann als Nebenwirkung u.a. stärkere Platzabhängigkeiten, Klangfarbenfehler, unnatürliche Hörperspektiven, Auflösungsverzerrungen, Kompatibilitätsmängel usw. zur Folge haben und ist daher nicht zweckmäßig. Sofern man nicht aus der Beschallungstechnik bekannte Lösungen mit weiteren zusätzlichen Lautsprechern und spezieller Bearbeitungs-Technologie übernehmen kann, (siehe unten), sind voraussichtlich erst neuere Technologien, wie **WFS** (Wellenfeld-Synthese nach Berkhout und de Vries) u.ä., dafür einsetzbar. Auf diese kann hier nicht mehr eingegangen werden; sie werden zweifellos in der Zukunft größere Bedeutung erlangen.

Neue Wiedergabetechnologien wiederum können zu anderen nicht-kompatiblen Mikrofonanordnungen führen, die eine international einheitliche Anwendung erschweren. Auch müßten zunächst die gleichen hohen Klangqualitäten von z.B. hierbei anzuwendenden Flachlautsprechern bzw. Lautsprechergruppen (Arrays) erreicht werden, wie dies z.Zt. mit manchen hochwertigen Referenz-Monitoren möglich ist. Da man spektakuläre Surround-Effekte bei speziellen Musikprogrammen nicht immer erwarten oder ertragen kann, bildet der gegebene Abstand zur Simulationsebene weiterhin die geschilderte bleibende Beeinträchtigung, die für die erhoffte ästhetischen Befriedigung mitunter hinderlich sein kann. So manchen Hörern und auch Tonmeistern ist die erreichbare Umhüllung nicht ausreichend und u.a. ein Grund, in dem gegenwärtigen Stand des 3/2-Formates noch nicht den propagierten ästhetisch-künstlerischen Gewinn zu erkennen. Sie bevorzugen daher weiterhin die ausgereifte Zweikanal-Stereo-Wiedergabe, die einen guten, aber imaginären Hörplatz im Ursprungsraum bieten kann, und dabei nicht den Anspruch an größere Natürlichkeit stellt; sie stellt für den relativ geringem Aufwand eine bestmögliche Imagination dar. Es ist somit nicht zu erwarten, daß die einleitend dargestellten Ansprüche der Mehrkanaltechnik von

allen anspruchsvollen Hörern als Fortschritt angesehen werden. Daher ist es nicht verwunderlich, wenn einige Hörer und Tonmeister nach Varianten oder gar Korrekturen des Standardformates suchen.

Im Folgenden wird versucht, die wichtigsten gegenwärtig erkennbaren Überlegungen zur Optimierung bzw. sogar zur Veränderung der Standardbedingungen zusammenzustellen und mit einigen bisherigen Lösungsvarianten zu vergleichen, wie sie im Laufe der Zeit entstanden und z.T. in den Tabelle II aufgeführt sind. Es gibt inzwischen eine Vielzahl von Varianten, die aber jeweils aus der Aufzählung abgeleitet werden können.

Da man das 3/2-Stereo-Format als Ausgangsbedingung ansehen muß, als international einheitliche Referenz für jegliche Aufwärtskonvertierung und Veränderung, sollte bei jeder Einschätzung eines Vorschlages stets gefragt werden⁵³:

- wird durch die geforderte bzw. vorgeschlagene Veränderung des 3/2-Stereo-Formates eine qualitative Verbesserung des Höreindrucks erreicht?
- werden Teilparameter auf Kosten anderer Parameter verbessert? Welche Nebenwirkungen entstehen z.B. bei einer möglichen Vergrößerung der Hörzone, bei Erhöhung der Einbeziehung und Umhüllung?
- gibt es gesicherte Testergebnisse dazu?
- bedingt die Veränderung eine andere Aufnahmetechnologie?
- gibt es Realisierungsaussichten, den Standard zu erweitern oder zu optimieren, ohne daß die Kompatibilität gefährdet wird?
- erhöht sich der Aufwand bezüglich der Heimwiedergabe in noch erträglichem Maße?
- kann man den zu erreichenden Gewinn quantifizieren?
- ist die Veränderung für alle Programmarten gültig, d.h., ist Neutralität für alle Programmsignale automatisch gesichert?

Man wird noch weitere Kriterien in einem Anforderungskatalog erfassen müssen, der dann stets für Bewertung neuer Vorschläge herangezogen werden kann.

10.2 Überblick über im Entwicklungsgang der Mehrkanaltechnik vorwiegend aufgetretene Formate bzw. Neuvorschläge

- a) Formate zur (bloßen) Richtungsverteilung, begrenzt auf Azimut- und Horizontalebene, zur Ausfüllung des bevorzugten Hörfeldes (siehe S.10, Bild 4²⁶) und Verwendung der Surround-Kanäle vorzugsweise für Direktsignale (wie es der gegenwärtigen Standard ebenfalls unterstützt):
U.a. Formate **2/0; 3/0; 4/0; 5/0; 6/0; 8/0; 10-12/0**
- b) Formate zur Richtungsverteilung in Azimut-, Horizontal- und Vertikalebene, für annähernde oder pseudo-dreidimensionale Wiedergabe; bei Nutzung vorhandener Surroundkanäle für Direktsignale (ggf. unter Berücksichtigung der richtungsbestimmenden Bänder nach Blauert⁵⁴):
Z.B. Formate: **2/2+2 (oben); 2/2+4...4/4*; 6+1 (IMAX); 10.2 = 5/3+2 +2x 0.1.**
- c) Formate zur vorzugsweisen Übertragung von Rauminformationen:
u.a.: **1/1** (Buttenberg, Lauridsen, Aschoff); **0/5...0/6** (Diffusfeld); **2/2** (Keibs); als Lautsprecherwand in beliebiger Form (jap. Vorschlag, Mitte 90er Jahre); **WFS**.
- c) Formate zur kombinierten Übertragung von Richtungs- und Rauminformationen:
2/2...3*/2; 2/2+2 (ob); 3/2...3/4 (Pseudo)...**3/4...3/x ; 3/3; 4/2; 5/2...5/4; 10.2** (Holman) usw.

⁵³ einbezogen wurde ein Email-Gedankenaustausch mit G. Theile vom 03.08.00

⁵⁴ Blauert, J.: Ein neuartiges Präsenzfilter. Fernseh- und Kinotechnik 24 (1970), H.3, S.75-78 (sowie in „Räumliches Hören“).

- d) Formate wie a) bis c), jedoch mit zusätzlicher Signalbearbeitung zur Ableitung von Signalen für stärkere Raumeinbeziehung bzw. größere Hörzone, ohne Erweiterung des ursprünglichen Kanalformates, jedoch teilweise mit zusätzlichen Lautsprechern (z.B. mittels der erwähnten sog. Home-Prozessoren, gemäß [43] oder spezielle Hallgeräte, die den Diffusschallfeld-Anteil erhöhen und damit die Einbeziehung verbessern können).

Andere Kombinationen sind vorstellbar, auch wenn man sie mit grundsätzlich anderen Verfahrenslösungen kombiniert (z.B. **WFS**).

In **Tabelle II** sind einige der o.a. Formate mit Kurzeinschätzungen aufgeführt, bezogen auf die zu Beginn des Abschnitts 10 genannten Anforderungen. Anschließend werden zu diesen sowie zu anderen Formaten einige Ergänzungen gegeben.

Weder die Tabelle noch die folgenden Kurzerläuterungen erheben Anspruch auf Vollständigkeit; beispielhaft soll gezeigt werden, dass es nicht einfach ist, allseits befriedigende Argumente zur Wahl eines anderen Formates im Vergleich zum 3/2-Referenzformat zu finden. Dazu kommt natürlich, daß zunächst Ringversuche und statistisch gesicherte Tests vorliegen müßten, wenn man sich ernsthaft um eine Änderung oder Erweiterung bestehender Standards bemühen will.

Verfahren	Code	Anwendung	qualitative Verbesserung	Neben-Wirkungen	test-gesichert	kompatibel zu Aufnahme-metechnik	kompatibel zu Standard-Hierarchie	aufwands-erträglich	Verbes-erung quantif.	Programm-kompatibel
1. Zweikanal-Stereofonie (Standard)	2 / 0	Heim	Bezug	- 60°-Segment - nur ein Hörort - keine Einbeziehung - unnatürliche Realität.	+	+	+	+	+	--
2. Stereo-Ambiof. (Keibs/Stei/Wg)	2 / 2	Heim	(+) Rauminfo	- enge Hörzone - keine reale Mitte	+	+	+	+	+	+
3. Diffusschallfeld (Damaske)	0 / 5 0 / 6	Experiment	(+) für Raum	--	+	~	--	~	+	+
4. Hirschmann 5. Steinke u.a.	2 / 2 ...4 / 0... / 4	Experiment	(+) für Raum	- fehlende Mitte - enge Hörzone	--	--	~	--	+	~
6. Theile u.a.	4 / 2	Standardisg. nicht realisiert	+	- reale kompatible Mitte fehlt	+	--	--	~	+	--
7. Welt-Standard	3 / 2-	Heim/ universell	+	- Enge Hörzone - Ambienz tw. (--)	+	tw. neu	+	~	+	+
8. Film SMPTE	5/1 = 5.1	Film + tw. DVD	+	- zu enge Hörzone - tw Fehlanwendung	+	+	+	+	+	+
9. SDDS	5/2/1	Film + tw. DVD	+	lohnt nur für breite Filmwände	Heim-Aufwand zu groß	~	+	--	+	+
10. Dabringhaus	2+2 / 2	Experiment für Heimanwendung	+	- fehlende Mitte - raumabhängig	?	--	--	--	+ / ?	--
11. Rehder	8 / 0	Experiment	+	--	--	--	--	--	- / ?	--
12. Holman	10.2 = 5+2 / 3.2	Demoräume Zukunft im Kino/ Heim?	+	+/- keine Vergrößerung der Hörfläche!	+/?	--	--	--	?	--

Formate /Systeme mit vorwiegend horizontaler Richtungsverteilung

- **2/0-Stereo-Format mit 2 korrelierten Kanälen und 2 Lautsprechern für 2 Direkt- (bzw. Misch) -signale:**

bisher übliche Zweikanal-Stereofonie mit allen bekannten Eigenschaften und Einschränkungen als Bezug (Erläuterung kann hier entfallen)

- **wahlweise 4/0 oder 2/2-Stereo-Formate:**

als wahlweise Variante (programmsignalabhängig oder manuell gesteuert) abgeleitet aus dem 2/2-Vorschlag von L. Keibs (1960) für ein stereo-ambiofonen Aufnahme- Übertragungs-, und Wiedergabesystem^{55 56}. Ziel war hier, mit maximal 4 Kanälen auszukommen, und programmabhängig entweder mehr Direkt- oder mehr Rauminformation anzubieten. Hier sollten – z.B. bei Hörspiel, Pop u.ä. - die hinteren 2 Lautsprecher mit nach vorn umgeschaltet bzw. umgesetzt werden können, um dann mittels vier Frontstrahlern eine höhere stereofone Auflösung zu erhalten. Vorschlag wurde seinerzeit (1972) als nicht realisierbar eingeschätzt; wurde teilweise (4/0 bzw. 4/2) durch Untersuchungen von Theile – s.u. - Anfang der 90er Jahre wieder aktuell.

- **3/0- oder 3/2-Stereo-Format für 3 bzw. 5 Direktsignale (über Lautsprecher identischer Eigenschaften):**

Im gegenwärtigen Standard der Mehrkanal-Stereofonie mit enthalten; historisches 3-Kanal-Ausgangsformat.

Wie bereits betont, fiel die Entscheidung zugunsten der Minimalvariante von drei Frontkanälen und drei Lautsprechern aus, da damit eine akzeptable Stabilität und Qualität des Klangbildes für Mittensignale erreicht wird, und eine solche Anordnung voll kompatibel zu jedem Filmformat ist, wo der Dialogkanal in der Mitte stets das vorrangige Signal trägt. Der Film bildet seinerzeit wie auch noch heute die wichtigste Quelle für das Programm-Material für einen Mehrkanal-Aufzeichnungsträger, wie es die damals noch in Entwicklung befindliche DVD darstellte.

Ein 3/2-Format, bei dem der Mittenkanal aus den beiden vorderen Stereo-Signalen mit zusätzlicher Dominanzschaltung abgeleitet werden sollte, war wie o.a. bereits 1961/1965 von *Keibs/Tismer* vorgeschlagen worden, und wurde dann erneut zur 17. TMT, München, 1984⁵⁷ zur Diskussion gestellt. Es boten sich jedoch wegen fehlender Kanalkapazitäten für Aufzeichnung/Übertragung seinerzeit keine Realisierungschancen. Bekanntlich setzte sich die Dolby-3/1-Matrixlösung allgemein durch.

- **3/3 –Stereo-Format bzw. 3 + 3**

genutzt z.B. mitunter bei DTS, ferner mittels Dolby-ES und DTS-ES, für Direkt- und Surround-Signale. Für den Film von Bedeutung; für Heimzwecke ist ein Hinten-Kanal denkbar als Phantomkanal oder als Alternative zum bisherigen LFE-Kanal, sofern die volle Bandbreite verfügbar ist.

- **4/0- oder 4/2-Stereo-Format mit 4+2 Kanälen/Lautsprechern für 4 bzw. 6 Direktsignale:**

Die stereofone Auflösung ist verständlicherweise durch eine höhere Zahl der Kanäle für die Frontsignale beträchtlich zu verbessern, da damit mehr Realschallquellen als bei der

⁵⁵ Steinke, G., Stereo-Ambiofonie – Die Grundlage der Quadrofonie, radio-fernsehen-elektronik, 21(1972), 11, 12, 13 (S.345-348, 403-405, 439-441).

⁵⁶ Steinke, G., Zur Entwicklung der Quadrofonie. Techn. Mitt. RFZ 16 (1972) 2, S.59-64.

⁵⁷ Steinke, G.: Zur Entwicklung der Stereofonie, Vortrag z. 17. TMT, 1984, München, Sammelband S. 137-157.

Zweikanal- und Zwei-Lautsprechertechnik abzubilden sind. (Vorschlag G. *Theile*, [22,27] wie vorn zitiert). Erscheint gegenwärtig nicht mehr aktuell für Standard-Änderungen.

Eine aus 3/2 abgeleitete Variante mit 4 Frontlautsprechern in der Anordnung $\pm 20^\circ$ und $\pm 55^\circ$ wird mitunter in USA in Verbindung mit Fernseh-Großbild bzw. -Projektion angewandt, wobei der Centerkanal parallel beiden inneren Lautsprechern zugeführt wird. Man will damit das Problem der schwierigen Anordnung eines einzigen Center-Strahlers bei der Kombination mit Bild umgehen, aber erkaufte sich damit eine geringere Mittenstabilität infolge einer nur verfügbaren Phantommitte. Ähnliche Versuche machte P. Fels, Telekom, indem er die beiden inneren Strahler über und unter der Projektionsfläche anordnete. Die beiden Varianten anhaftenden Nachteile umgeht man einfacher durch die generelle Verwendung von Koaxialstrahlern; hierbei wird ein Centerstrahler vorzugsweise unter dem TV-Gerät o.ä., angeordnet.

- **5/0- oder 5/2-Format mit 5+2 Kanälen/ für 5 bzw. 7 Direktsignale:**

Zweifellos wären 5 Frontlautsprecher auch im Heimstandard für eine hohe Auflösung noch günstiger gewesen. Doch 5 Lautsprecher/Kanäle wie beim 70mm-Film, z.B. bereits 1952/55, bei den Cinerama- und Todd-A-O-Formaten, oder gegenwärtig bei Sony's SDDS-Codierungsformat, die dazu auch eine stabile Mitte liefern, erscheinen wohl für den Film, aber weniger für einen kompatiblen Referenz-Heimstandard realistisch. Das aufwärtskonvertierbare Format wurde aber später in die Format-Hierarchie aufgenommen, für die Studio-Anwendungen. Inzwischen gibt es auch Codiersysteme (MPEG, SDDS), die 7.1-Kanalformat bieten können, so daß zumindest als Option das Format einzuordnen ist, auch ist eine Kompatibilität leichter erreichbar als mit 4 Frontsignalen.

Für eine Heimwiedergabe ist es nicht effektiv genug; der Aufwand auf der Aufnahmeseite wäre ungerechtfertigt hoch.

- **6/0-Format...2/4-Format:**

Nach Hinweisen im Internet (*R. Glasgal*, v.24.9.00) existiert ein Vorschlag von *Chesky* als eine umschaltbare Lösung, wobei die Raumsignale (über 4 Strahler) nach Bearbeitung im Prozessor Sony DER-S 777 gewonnen werden (keine näheren Informationen).

- **8-Kanal- bzw. 8/0-Format**

Mit einer näherungsweise dreidimensionalen Acht-Kanalaufnahme und -Wiedergabe befaßt sich der Berliner Tonmeister *Klaus Rehder*. Er nennt sein Verfahren "Variophonie". Er nimmt einzelne Musikinstrumente bzw. Musikgruppen aus drei Mikrofonrichtungen auf und sorgt für eine mehrkanalige Wiedergabe. Die Tiefenstaffelung und Richtungsverteilung entspricht voll der Kanalzahl mit Realschallquellen.

Die Wiedergabeanordnung ist nicht in die Format-Hierarchie des Standards einzuordnen, da sie sich nach der jeweiligen Orchesteranordnung richtet.

Das Verfahren ist lediglich als interessantes Experiment und Nachweis des Vorteils einer höheren Kanalzahl, bei Berücksichtigung auch der nach oben erfolgenden Abstrahlung der Quellen, zu werten.

Formate mit Richtungsverteilung in Horizontal- und Vertikalebene + Raumsignalabstrahlung

- **2/0 + 2/0-Format (bzw. 4/0 + 4/0) :**

Aus der Zeit der Koinzidenz-Mikrofontechnik stammt der Vorschlag (möglicherweise von *G. Plenge*), bei Nutzung von 4 Kanälen alternativ zwei übereinander stehende Intensitäts-Stereo-Mikrofone zur elevierten Abbildung auch der Höhe (z.B. gestaffelte Klangkörper mit Chören) zu nutzen. In San Francisco wurde bei einer AES (1993?) erneut ein solcher Vorschlag gezeigt für ein Vierkanal-System (2 Quadro-Mikrofone, Neumann), das sich damit

von der alten Quadrofonie unterschied. Es ist aber offenbar bei der damaligen Vorführung geblieben.

4/0- und 2 + 2 bzw. 2 + 1 + 1-Formate

In Frankreich experimentierten *Condamines, Jonquet, Pignon*, u.a.⁵⁸ Ende der siebziger Jahre mit unterschiedlichen Anordnungen für die Vierkanaltechnik, die dort zunächst **Tetraphonie** hieß, und dabei auch mit vorn oben angeordneten Lautsprechern. Ziel war eine Art "Holophonie" mit vier Lautsprechern. Man ordnete dazu die Lautsprecher nicht in den Ecken eines Rechteckraumes an, sondern eines Tetraeders, also einer Pyramide als der homogensten Verteilung von vier Schallquellen im Raum⁵⁹.

Die vier Quellen betrachtete man als sechs Stereo-Paare, was aber, wie wir längst wissen, nicht eindeutig funktioniert, da man seitliche Phantomschallquellen nicht oder nur sehr diffus orten kann. In Anlehnung an einen ansteigenden Konzertsaal propagierte man dann eine im Rechteckraum verschobene Pyramide, mit dem klassischen (Stereo-) Lautsprecherpaar in der Hörebene und je einem vorderen und hinterem Strahler an der Decke. Diese Systemlösung wurde zur Vermeidung von Verwechslungen mit einer aus Doppel-Bifonie bestehenden Tetrafonie/Quadrofonie nunmehr "**Tetrahedrofonie**" genannt.

Hierbei verzichtete man allerdings aus ökonomischen Gründen auf die zu jener Zeit bereits in ihrer Bedeutung richtig erkannten Seitenreflexionen. Dagegen nutzte man aber vorteilhafterweise Informationen von oben (oben vorn) und hinten (die bei der heutigen ITU-Referenzanordnung und vielen Surround-Systemen ganz fehlen). Aus der Beschallungstechnik kennt man seit langem die Bedeutung der "Oben"-Information zur korrekten und gleichmäßigen Schallversorgung, dazu auch die vorteilhafte Nutzung der von **Blauert** festgestellten richtungsbestimmenden Frequenzbänder. **Woszczyk**⁶⁰ weist in seinen Untersuchungen immer wieder daraufhin, diese Möglichkeit stärker zu berücksichtigen, was auch gemäß [39] schon an anderer Stelle praktiziert wird.

2/0 + 2-Stereo-Format

Nach Angaben von *Dabringhaus*⁶¹ - inzwischen bestätigt von *Hirschmann** - hat es auf der 10. Tonmeistertagung (1975) – im Rahmen der Quadrofonie-Experimente einen Versuch von *Wolfgang Hirschmann* "zur plastischen Verbesserung der Wiedergabe" gegeben, bei denen eine 2 + 2-Anordnung aus vorn je zwei übereinander gestellten Lautsprechern aufgestellt wurde, anstelle der damals üblichen Quadro-Anordnung 2/2. Dadurch habe sich der "überraschende Effekt der weitgehenden Unabhängigkeit von der ‚einen‘ Hörposition" ergeben.

Die nützliche zusätzliche Abstrahlung von Raumsignalen von vorn, wie sie auch vom Autor⁶² schon 1972 vorgeschlagen und praktiziert worden war, geht zurück auf Untersuchungen in der Stuttgarter Liederhalle von *Junius*⁶³, wonach ein Anteil der Rauminformationen in den ersten 50...100ms von vorn aus der Umgebung der oberen Raumkanten zu beiden Seiten des Schallereignisses kommt; allerdings mit erheblich schnellerem Pegelabfall und geringerer Dichte als aus dem hinteren Raumteil (siehe Grafiken in [10]). Es erscheint somit sinnvoll, sowohl die Direkt- als auch einen Teil der Rauminformationen mit von vorn abzustrahlen. Dies erfolgt heute meist bei 3/2-Aufnahmen ohnehin in angemessener Dosierung. Um Verdeckungen

⁵⁸ Jonquet, A.; Pignon, J.P.: Holophony and Tetraphony some new views about 3-D-Stereophony. Paper presented at the 56th AES Convention, Paris, March 1977. Preprint Nr.:...

⁵⁹ siehe auch Bilder 3a/b in: Lit. [26]

⁶⁰ Woszczyk, W.R.: Quality Assessment of Multichannel Sound Recordings. Vortrag zur AES 12. Internat. Conference, Copenhagen, Juni 1993, Proceedings, S.197-218.

⁶¹ Dabringhaus, W.: 2+2+2= 3D, in: Tonmeister-Informationen (1999), Heft V, S.10-13.

⁶² Steinke, G.: Zur Frage der Wiedergabebedingungen bei Quadrofonie. Techn. Mitt. RFZ 17 (1972) 2, S.38/40.

⁶³ Junius, W.: Raumakustische Untersuchungen mit neueren Messverfahren in der Liederhalle Stuttgart. *Acustica* 4 (1959), S. 289 – 303.

zu verringern und eine freiere Pegelwahl zu erhalten, wäre es natürlich zweckmäßiger, dafür zusätzliche Lautsprecher einzusetzen. Ob dafür separate Kanäle oder spezifische Signalbearbeitung der bereits verfügbaren Signale gewählt werden, ist eine andere Frage.

Die im o.a. Beitrag von *Dabringhaus* beobachtete Unabhängigkeit von einer Hörposition dürfte jedoch eine Täuschung gewesen sein; sie kann hier ohne Kenntnis der Vorführung nur so interpretiert werden, daß in Richtung der Mittelachse möglicherweise eine größere Bewegungsfreiheit entstand gegenüber der beengten Hörposition bei 2/2. In der Horizontalen kann sich dagegen keine Besserung in Bezug auf die Phantomschallquellen einstellen, da ja eine stützende Mitte weiterhin fehlte; also müßte die übliche Zweikanal-Einschränkung geblieben sein. Evtl. waren die Phantomschallquellen durch die Überlagerung mit Raumsignalen unschärfer und somit aber die stereofone Auflösung schlechter, so daß ein ausgeprägter Hörort in der Mittelachse nicht bewußt empfunden wurde (Wirkung wie bei breiter Richtcharakteristik von zwei Strahlern).

Da nun aber auch von vorn oben Rauminformationen abgestrahlt wurden, kann der Eindruck der höheren Räumlichkeit vorteilhaft gewesen sein. Dies zeigten bereits die eigenen Experimente von 1972, - sofern die Reflexionen im Ursprungsraum auch vorn aufgenommen bzw. durch geeignete Ableitung und Bearbeitung gewonnen worden waren.

Einschätzung: Keine entscheidende Verbesserung, da eine umfassende Einhüllung wegen fehlender zusätzlicher Kanäle für seitliche bzw. rückwärtige Reflexionen sowie ein Mittensignal fehlte.

- **2 + 2+ 2- Format bzw. 2/2 +2-Format:**

Die Basis bzw. die Berechtigung für ein derartiges Format sind die erwähnten früheren Untersuchungen und Vorschläge zur Wiedergabe subjektiv diffuser Schallfelder (Damaske [36] usw.) über 4 bzw. 5 Schallstrahler.

Dabringhaus hat in Erweiterung des *Hirschmann*-Versuches von 1975 dessen damalige Anordnung mit den beiden hinteren Surround-Strahlern des heutigen Standards kombiniert. Er nennt diese Anordnung anspruchsvoll ein "3-D-Format", wobei die vordere Hörebene in vertikaler Richtung um zwei weitere vordere Lautsprecher, gespeist von zwei zusätzlichen Kanälen, erweitert wird. Diese sollen zeitweise für Direktsignale, aber als bevorzugte Alternative auch für Rauminformationen zur besseren Einhüllung neben den üblichen LS/RS-Kanälen verwendet werden können. Es ist verständlich, daß sich mit letztgenannter Anwendung bei gleichem Pegel der diffusen Einstrahlung von 4 Rauminformationen ein subjektiv akzeptabel diffuseres Feld ergeben könnte, als wenn – wie bei der reinen 3/2-Konfiguration - über die vorderen Standard-Strahler gleichermaßen sowohl Direkt- als auch Rauminformationen abgestrahlt würden, was zur Vermeidung von Verdeckungen nur mit geringerem D/R-Verhältnis möglich ist. Wie erwähnt, war eine ähnliche Variante schon 1972 [62] vorgeschlagen worden, wo neben der Abstrahlung von 4 Direktsignalen zusätzlich 4 (diskrete oder abgeleitete) Raumsignale über getrennte bzw. kombinierte Lautsprecher abgestrahlt wurden, um "dreidimensional-ähnliche" Empfindungen hervorrufen zu können.

D. empfiehlt für sein 2+2+2-Format zunächst als Basis die übliche Zweikanal-Lautsprecher-Anordnung in Kopfhöhe (der Standard definiert dies mit 1.2 m) bzw. wie er ohne nähere Begründung weiter sagt, "vielleicht etwas darunter", und "zwei Lautsprecher, die jeweils senkrecht oberhalb der vorderen Haupt-Lautsprecher, im Winkel von ca. 90° nach außen gerichtet, positioniert werden." Diese beiden Lautsprecher sollen teilweise die Reflexionen der Seitenwände des Wiedergaberaumes nutzen und eine Zusatzhöhe von ½ der Basisbreite haben (bei ca. 2 m Basis also 1m Abstand der akustischen Zentren; im Studio sind meist ca. 3 m Basisbreite üblicher, was somit 1.5m Höhe ergäbe). Sofern die

oberen Lautsprecher nicht für Reflektierschall, sondern zur Abbildung von Instrumenten genutzt werden, sind sie in Richtung des Hörplatzes zu drehen.

“Falls es nicht möglich ist, die Hauptlautsprecher an der Schmalseite aufzustellen” (was ohnehin nicht empfehlenswert ist wegen dann meist störender Anfangsreflexionen! G.S.), so weiter D., “können die oberen Zusatzlautsprecher auch seitlich außerhalb der Stereo-Basis an den virtuellen Standorten aufgestellt werden“ ..

(gemeint ist möglicherweise ein Abstand entsprechend dem sonst entstehenden Reflexionsweg, also ca. 1-2m, wo neue störende Anfangsreflexionen für Direktsignale hervorrufen werden, wenn es lediglich ein akustisch nicht behandelter Raum ist und kein ordnungsgemäßer Abhörraum in Anlehnung an Referenz-Hörbedingungen sein kann).

Dabringhaus schließt mit den Worten: “Eine Erweiterung des Systems auf 2+2+2+2 mit insgesamt 8 Kanälen ist theoretisch möglich und würde eine gleichwertige perspektivische Rundum-Abbildung von Klangereignissen ermöglichen, wie es für bestimmte Musikrichtungen vorgegeben ist.”

Einschätzung (siehe auch Bewertung in der Tabelle II):

Die mögliche Abbildung eines diffusen Raumes ist der positive und bereits bekannte Aspekt des Vorschlages. Nachteilig ist die zu verändernde Aufnahmetechnik, die nur eingeschränkt kompatibel ist, zumal sie zwischen der Aufnahme von Reflektierschall (von vorn) und oberem Direktschall in den zwei Zusatzwegen wechseln kann.

Ferner entsteht eine neue Abhängigkeit der Wiedergabequalität von den Eigenschaften des Hörraumes, während sie bei Mehrkanaltechnik eher geringer sein sollte. Für manchen Wohnraum wäre dies noch möglich, aber dafür ist es nicht nötig, zusätzliche Kanäle einzusetzen, eine spezielle Bearbeitungstechnologie der Signale vorhandener Kanäle kann dafür ausreichen. Hochwertige bedämpfte Hörräume können für gewünschte Zusatzreflexionen nicht mehr voll nutzbar sein. Außerdem wird der Hörer zur obligatorischen Erweiterung auf 6 Strahler (bzw. gar 8) verpflichtet, da sonst die Wiedergabe evtl. unzureichend ist; dies ist ein Gegensatz zur Option von zusätzlichen Surround-Strahlern im Standard. Der Wegfall des Centerkanals als Alternative kann keinesfalls akzeptiert werden, da er in der Mehrheit der Anwendungsfälle nützlich und notwendig ist.

Die Abstrahlung von Direktsignalen von vorn oben ist wenig sinnvoll, da das vertikale Lokalisierungsvermögen zu gering ausgebildet ist; der Aufwand wäre dafür nicht gerechtfertigt (es hat nur 1/3 der Ortungsschärfe im horizontalen Bereich); die spezielle Musikliteratur für mehrchörige Musizierweise usw. ist, wie auf S.10 erwähnt, allerdings vorhanden.

Der Hinweis von *Dabringhaus* für das Abhören seines Formates über eine 5.1-Anordnung ist ebenfalls nicht akzeptabel: “...ein bisschen was von oben links” wird ‚stabilisierend‘ im Center auftauchen und kaum stören, -...”

Hier muß man infolge möglichen Übersprechens Richtungsverfälschungen befürchten.

Der allgemeine Verzicht auf einen Centerkanal kann dagegen nicht mehr zur Diskussion stehen. Die Gewinnung von zusätzlichen diskreten Vorn-oben-Kanälen wäre lediglich aus einem vorhandenen Kanal möglich, z.B. dem bisherigen LFE-Kanal, sofern er allgemein breitbandig ausgeführt werden könnte (wie bei der DVD-Audio möglich). Hierin könnten für das 2+2+2-Format zwei schmalbandige Kanäle (2 x 10 kHz) untergebracht werden (entsprechend der Praxis im UK bei 4-Kanal-Aufzeichnungsgeräten). Die Mehrheit anderer Vorschläge tendiert aber gegenwärtig zu einem 6. Hinten-Kanal (für wahlweise Raum- oder Direktinformation) an Stelle des LFE-Kanals.

Es bestehen somit kaum Chancen für eine künftige Einführung, insbesondere nicht für zusätzliche Kanäle. Hinsichtlich einer nachträglichen Signalbearbeitung für 4 zusätzliche Diffusstrahler entspricht er dem Vorschlag von 1972⁶².

- 10.2 Format von THM Corp. (T. Holman) ⁶⁴

Holman stützt sich [25] zunächst auf die o.a. Untersuchungen von *Damaske und Ando* (1970) [36] bezüglich der optimalen Einhüllung und verwendet zur Füllung „der Lücke“ einen weiteren Surround-Kanal für einen hinteren Mittenlautsprecher, wie er inzwischen auch von den Formaten Dolby-ES und DTS-ES genutzt wird (über einen 6. diskreten oder matrizierten Kanal).

Die Frontkanäle wurden von ihm auf 5 erweitert, z.T. wie im Film üblich, aber vor allem bei großem Basisabstand, für die Abstrahlung von Anfangsreflexionen des Aufnahme- raumes, wie früher vom Autor vorgeschlagen und dann auch *Dabringhaus* weiter verfolgt. Dies wurde bereits erörtert.

Zusätzlich werden 2 Kanäle zur Wiedergabe von Direktinformationen oberhalb der üblichen Hörebene (also oberhalb der L/R-Strahler) genutzt, wie im anderen Fall bereits besprochen.

Dazu kommen zwei LFE-Kanäle, um das „Bass-Management“ zu verbessern.

Insgesamt werden eingesetzt:

- 5 Frontstrahler in Hörebene,
- 2 obere Frontstrahler,
- 2 Surround-Strahler $\pm 110^\circ$,
- 1 mittlerer hinterer Surround-Strahler (bei 180°),
- 2 x 0.1-Subwoofer für die 0.1 Kanäle, seitlich vom Hörplatz.

Decken-Lautsprecher oberhalb der Hörebene, wie in der Beschallungstechnik üblich, werden nicht eingesetzt.

Das Format kann zu vielen Verbesserungen führen (siehe Tabelle II), und wird von Holman als Zukunftsformat vorgeschlagen. Eine Vergrößerung der Hörfläche, wie stets erwünscht, wurde aber dabei nicht ausdrücklich festgestellt.

Als ein mögliches Konsumer-Format erscheint es auch für die nächsten Jahre unrealistisch; der Aufwand im Heim und für die Produktionsseite wären nicht zu rechtfertigen. Dagegen ist es nicht auszuschließen, daß die Filmseite in Präsentationskinos für Einzelfälle solche Lösungen realisieren kann.

In Diskussionen mit T. Holman über künftige Ziele bei Vorführungen der Deutschen Telekom auf AES-Conventions in USA (1993, 1996) wurde ihm statt Erhöhung der Kanalzahl eine wirtschaftlichere Lösung zur Erzielung ähnlicher Wirkungen entgegengehalten (s. nächster Abschnitt).

Auf die verschiedenen Orthofonie-Formate, die mit anderen Signalzuordnungen und spezieller Mikrofonttechnologie arbeiten, wird hier nicht eingegangen (siehe dazu auch [26])

Formate wie a) bis c), jedoch mit zusätzlicher Signalbearbeitung zur Ableitung von Signalen für stärkere Raumeinbeziehung bzw. größere Hörzone

Um eine Erweiterung des ursprünglichen Kanalformates 3/2 und der dazu erforderlichen Aufnahme- und Übertragungstechnologien zu vermeiden, aber dennoch die kritischen Aspekte Hörzone und Einbeziehung verbessern zu können, bietet sich aus heutiger Sicht als wirtschaftlichste und für den Hörer praktikabelste Lösung eine entsprechende Signalbearbeitung an.

Die früheren Vorschläge des Autors [62] zur zusätzlichen diffusen Abstrahlung von durch Signalprozessing abgeleiteten Raumsignalen lassen sich mit heutigen Mitteln relativ einfach realisieren; natürlich wird man auch weiter die Aufnahmetechnik dazu verbessern.

⁶⁴ Holman, T.: The number of audio channels. 100. AES Convention, 1996, Preprint; sowie 10.2. Multichannel Sound System. www.tmhlab.com/home.htm.

Die wesentlichste Forderung, die in vielen Formatvorschlägen implizit enthalten, aber nicht oder nur unvollkommen realisiert ist, ist die nach einer größeren Hörfläche. Doch, wie bereits in Abschn.8 ausgeführt, ist nach Meinung des Autors eine große Hörfläche nur erreichbar, wenn der Präzedenzeffekt berücksichtigt bzw. unterstützt wird. Dazu muß man dafür sorgen, daß den Hörer an allen Plätzen des Raumes die erste Wellenfront jeder primären Schallquelle, d.h. hier eines sog. Simulationsstrahlers direkt und zuerst erreicht, und erst danach - in gezielter Reihenfolge nach entsprechendem Algorithmus und ebenfalls richtungsorientiert! - die unterschiedlichen Schallwellen der einzelnen Versorgungsstrahler an seinem Platz eintreffen. Dann erhält der Hörer stets den ersten und richtigen Stimulus zur Entfernungs- und Richtungslokalisierung.

Sofern man nicht völlig andere Verfahrenslösungen, wie WFS, praktikabel nutzen kann, sollte man auf Technologien der Beschallungstechnik zurückgreifen [39], wie es z.B. in dem Home-Processor der Deutschen Telekom [43] realisiert und bei zahlreichen Demonstrationen auch international nachgewiesen werden konnte (AES-Conventions, Tonmeister tagungen in Karlsruhe 1996 und 1998, usw.). Vorteile der Anwendung derartiger optimaler Beschallungstechnologien für dezentrale und quellenorientierte Schallversorgung (SOR = source orientated reinforcement) sind darüber hinaus: geringe Schallpegeldifferenzen an allen Hörplätzen, gute Einhüllung durch Versorgung von oben und von den Seiten mit entsprechenden Signalen, die aus den Kanälen des 3/2-Standardformates laufzeit- und pegelgerecht abgeleitet und bearbeitet werden. Auf Einzelheiten muß hier nicht mehr eingegangen werden.

Insbesondere für große Demoräume, Kinos usw., aber gerade auch für Heimwiedergabe bietet sich gegenwärtig keine andere akzeptable Lösung an.

Für Referenz-Abhörbedingungen sind solche Lösungen nicht vorgesehen, obwohl auch im Regieraum damit die größere Hörfläche erzielt werden kann. Durch solche Technologien (bei denen z.B. jeder Lautsprecher alle Richtungssignale zeitlich und pegelmäßig unterschiedlich abstrahlt) entstehen Klangbildüberlagerungen, die eine höhere Räumlichkeit als bei der Originalfassung erzeugen. Für Demoräume und Heimbedingungen kann dies als zulässig bzw. gar wünschenswert angesehen werden; für eine Referenzkontrolle ist die Signalbearbeitung abzuschalten.

Schlussbemerkungen

Endlich soll konkret auf die eingangs gestellte Frage eingegangen werden: Wieviel Kanäle/Signale braucht der Mensch?

Es kommt darauf an!

In größeren Räumen, im Kino, in sog. Viewing Sites, Demoräumen u.ä., ist eine höhere stereofone Auflösung vorteilhaft, wie bei Großprojektionen (IMAX usw.) und vom SDDS-System (Sony) mit dem Format 5/2/1 angestrebt. Dies erfordert jedoch gerade für den Film höheren Aufwand und evtl. eine veränderte Aufnahmetechnik. Wie schon früher gezeigt wurde⁶⁵, ist eine stärkere (akustische) Einhüllung/Umhüllung, also durch akustische Atmosphäre, viel mehr geeignet, die mit dem Anliegen verbundenen und beabsichtigte Einbeziehung in die jeweilige Handlung hervorzubringen und zu steigern, als eine größere stereofone Auflösung, die bereits durch die optische Zuordnung unterstützt wird.

Dies erreicht man am besten entsprechend den in der Beschallungstechnik gemachten Erfahrungen mit flächendeckender Versorgung (vorwiegend von der Decke) und quellenbezogener Beschallungstechnologie, und weniger mit der bisher üblichen Verteilung von Surround-Lautsprechern an den Seitenwänden. Das erwähnte SOR- (DSS-) Processing kann dies ohne Erhöhung der Anzahl der Hauptkanäle erreichen. Daher könnte man sich

⁶⁵ Steinke, G.: Vom Referenz-Hörraum zur Tonsystemlösung für das Filmtheater der Zukunft. Fernseh- und Kinotechnik, 48 (1994), H.11, S.583-592; H.12, S.667-678.

weiterhin wie bisher auf 3 Frontkanäle beschränken, auch für Bewegungen, da das Bild hier die größere Bedeutung für die Aufmerksamkeit hat und eventuelle akustische Bewegungsmängel verdeckt werden. Dagegen könnte man durch zusätzliche Maßnahmen für die „Außenlautsprecher“ verstärkt Ambienz-Informationen zur besseren Empfindung der akustischen Atmosphäre einstrahlen. Die Lautsprecher an der Decke und an den Wänden können wie bisher auf 2 oder nunmehr zunehmend auf 3 Richtungen (mit zusätzlich hinten) erweitert werden, so daß man Rundum-Bewegungen bzw. Überfliegen besser darstellen kann.

Und wie sollte es für das Heim aussehen? Wer es selbst ausreichend erprobt hat, welche Mühe eine standardgerechte Installation der 5 hochqualitativen Monitor-Lautsprecher bereitet (selbstverständlich mit einem gleichartigen Strahler unter dem Fernsehgerät, wofür, wie erwähnt, z.B. Koaxialsysteme besonders geeignet sind), aber dann erkennt, welcher hohe Qualitätssprung damit gegenüber 2/0 erreichbar ist, wird dem Autor zustimmen können, daß das Aufwands-/Nutzen-Verhältnis bei einem 3/2-Format tatsächlich weitgehend angemessen ist. Würde der Partner im Heim dann sogar noch einen 6. Lautsprecher zugestehen, wird man sich entsprechend den Gegebenheiten zwischen einer Deckenmontage oder einer 180°-Anordnung (also direkt hinten) entscheiden können – entweder, weil ein 6. Surround-Kanal, wie im Film, für das Heim protegert würde, oder man begnügt sich mit der pegel- und laufzeitgerechten Ableitung aus den vorhandenen Surround-Signalen über einen entsprechenden Prozessor. Dies wird auch davon abhängen, ob bei der DVD-Audio über eine andere Verwendung des 6. Kanals, bisher noch LFE, diskutiert wird. Damit würde auch eine reale Quellenwiedergabe hinten und eine bessere Rundum-Bewegung ermöglicht werden.

Die sofort auftretenden Kompatibilitätsprobleme (bei 2/0 wären dann das C-Signal und das Hinten-Signal deckungsgleich) müssten durch entsprechende Koeffizientensteuerung beherrscht werden. Weitere Änderungen des Basisstandards sind daher nicht sinnvoll.

Nicht vergessen werden soll abschließend, daß mit einer 3/2-Wiedergabe-Konfiguration auch für 3/1-Matrixsignale, also bei Dolby-Surround, z.B. bei Fernsehsendungen eine weit aus bessere Qualität, insbesondere Silbenverständlichkeit, gegenüber einer üblichen Zweikanal-Stereo-Wiedergabe des Fernsehtons, erreicht wird. Der Mangel der dabei etwas matteren Klangfarbe gegenüber 2/0 und einer zu großen Basisbreite ist meist unterzuordnen, denn der Gewinn an Wiedergabequalität über eine hochwertige Mehrkanalanlage anstelle des oft unbefriedigenden TV-Geräte-Tons (mit den Phasen-Spielereien für sog. „Raumklang“, Pseudo-„Basisverbreiterung usw.) ist ohnehin viel bedeutsamer.

Und für weitere Experimente mit mehr Signalen, die Verbesserungen bringen, wird jeder Hörer und jeder Tonmeister aufgeschlossen sein.

Aber dazu sollte der Anforderungskatalog bzw. die Tabelle II weiter präzisiert werden – Zugeständnisse an Nebenwirkungen sind für Weiterentwicklungen oder gar Standard-Modifikationen nicht zu tolerieren.

- - - - -

* Literatur-Nachtrag zu Seite 30: Vortrag zur 10. TMT, 1975, von Hirschmann: Perspektiven bei 4-kanaliger Musikübertragung nach dem Multichannelcenter-System. Tagungsbericht S. 30-33.