

Übergang von Stereo zum Mehrkanalton in der Fernsehproduktion und Distribution

Gerhard Stoll, Günther Theile, Susanne Rath, IRT München

EINLEITUNG

Der Weg zur Wiedergabe eines hochwertigen digitalen 5.1 Mehrkanaltons in den Haushalten wurde in den letzten Jahren vor allen Dingen durch die DVD-Video bereitet. 1997 wurde der DVB Standard (ETSI, ETR 154) dahingehend erweitert, zusätzlich zum MPEG-2 Layer II 5.1 Mehrkanaltonverfahren optional 5.1 Mehrkanalton im Dolby Digital Format zu übertragen. Während der Funkausstellung 1999 war Pro7 die erste europäische Fernsehanstalt, die Testübertragungen in diesem Format gestaltete. In Deutschland folgte dann bald auch Premiere, das viele seiner Spielfilme im Dolby Digital 5.1 Format ausstrahlte. Der ORF war die erste öffentlich-rechtliche Rundfunkanstalt Europas, die am 1. Januar 2003 das Neujahrskonzert zum Anlass nahm, mit 5.1 Mehrkanaltonübertragungen zu starten. Noch im selben Jahr folgten sieben weitere Rundfunkanstalten, die über DVB Mehrkanalton übertragen. Unter diesen Rundfunkanstalten waren auch das ZDF mit „Wetten dass“ und der BR sowie WDR, die weltweit als erste Rundfunkanstalten seit der IFA'03 Mehrkanalton in ihren Hörfunkprogrammen über DVB ausstrahlen. Derzeit kann davon ausgegangen werden, dass alleine in Deutschland ca. 1 Mio Haushalte Mehrkanalton im Dolby Digital Format über DVB empfangen können.

Dieser Beitrag soll einen Überblick über die Konsequenzen in der Produktion, Postproduktion und Distribution von 5.1 Mehrkanalton in den Fernsehanstalten geben. Hierbei wird auf die eigentliche 5.1 Mehrkanalproduktion, d.h. Abmischung, kompatibler Stereodownmix, etc. nur am Rande eingegangen. Die eigentliche Ausstrahlung im Dolby Digital Format wird ebenfalls nicht näher beschrieben. Beispiele aus verschiedenen Rundfunkanstalten, allen voran der ORF und der SWR, sollen einen Einblick in die Sendeabwicklung und Playout vermitteln.

TERMINOLOGIE UND DEFINITIONEN BEIM MEHRKANALTON UND DOLBY

Dolby Digital

- Sowohl Name für technisches System des Formates für den Endverbraucher, d.h. für das Heimformat, als auch Marketingname
- Name für den codierten, in digitaler Form vorliegenden Datenstrom
- Wird sowohl bei der DVD als auch beim digitalen Fernsehen (ATSC und DVB) benutzt

Dolby AC-3

- Name für das Codierverfahren für Dolby Digital

5.1 Format

- Anzahl der Übertragungskanäle. Hierbei steht die „5“ für fünf Audiokanäle mit voller Audio-bandbreite und die „.1“ steht für den „Low Frequency Enhancement“ (LFE) Kanal. Zum LFE-Kanal siehe Abschnitt 8.1.

Dolby Surround

- Hierbei handelt es sich um das analoge Surround Sound Verfahren
- Kann mit analogen und digitalen Stereoübertragungsstrecken verwendet werden
Achtung: Bei der Codierung mit MPEG-1 Layer II sollte man tunlichst den Mode „Joint-Stereo“ vermeiden, da hierbei die beiden Matrixverfahren der Joint-Stereo-Codierung von MPEG Audio und Dolby Surround gegeneinander arbeiten können und deutlich hörbare Artefakte hervorrufen können

Dolby Pro Logic

- Darunter versteht man das Decodierverfahren für Dolby Surround

Dolby E

- Professionelles Datenformat für Mehrkanalton
- Name wird für den digitalen Audio Datenstrom verwendet
- Kann bis zu 8 diskrete Audiokanäle inklusive der Metadaten für jeden einzelnen Audiokanal und den SMPTE Timecode in einem AES3-Format übertragen. Dies bedeutet, dass eine Übertragung über normale Stereo PCM-Strecken möglich ist.
- Wurde für die Produktion, Postproduktion, professionelles Editieren und die Inhaus-Distribution in Rundfunkanstalten entwickelt.

MÖGLICHE FORMATE FÜR MEHRKANALTON IM RUNDFUNK

MPEG-2 Layer II Multichannel

Der Standard ist seit 1997 vorhanden, er hat jedoch keine bedeutende Anwendung bei der DVD-Video erlangt. Die Decoder sind teilweise in den Mehrkanalreivern eingebaut. Jedoch mit abnehmender Tendenz bei neuen Mehrkanalreivern zu finden. MPEG-2 Layer II Multichannel wäre für den Rundfunk in Europa theoretisch ideal, da die Rückwärtskompatibilität zu einem automatischen Stereodownmix im MPEG-1 Layer II Verfahren vorhanden wäre. Das Format erlangt auch im Rundfunk praktisch gesehen keine Bedeutung, da die Anzahl der Mehrkanalreivern, die diesen Standard unterstützen, zu gering ist.

MPEG-2/4 AAC (Advanced Audio Coding)

Dieses Format spielt derzeit im europäischen Raum keine Rolle. Es gibt noch keine Geräte, die diesen Standard unterstützen. Als Draft ist es im DVB-AVC Standard enthalten. Dieser Draft wurde aber bislang noch nicht an ETSI weitergeleitet, da die derzeitige Lizenzgestaltung von MPEG-LA für Rundfunkanwendungen für Rundfunkanstalten nicht akzeptabel ist. Die Zieldatenrate liegt bei ca. 320 kbit/s für ein 5.1 Signal.

MPEG-4 aacPlus

Hier gilt Ähnliches wie für MPEG-2/4 AAC. Die Zieldatenrate liegt bei ca. 160 kbit/s. Erste Testergebnisse liegen im IRT vor. In MPEG-4 werden derzeit weitere Codierformate (Spatial Multichannel Coding) definiert und standardisiert.

Dolby Digital

Dolby Digital ist sowohl der Name für das technische System des Formates für den Endverbraucher, d.h. für das Heimformat als auch Name für den codierten, in digitaler Form vorliegenden Datenstrom (das entsprechende Codierverfahren nennt sich AC-3). Es wird sowohl bei der DVD-Video als auch beim digitalen Fernsehen (ATSC und DVB) benutzt. Das Format wird von allen auf dem Markt befindlichen Mehrkanalreivern und allen DVB Set-Top-Boxen (STB), die ein digitales Audio-Interface besitzen, unterstützt. Die Zieldatenrate liegt bei 384-448 kbit/s für ein 5.1 Signal. Der Datenratenbereich reicht von 56.... 640 kbit/s. Im DVD-Standard wurde als höchste Datenrate 448 kbit/s spezifiziert. Die Hauptkanäle (1 bis 5) unterstützen einen Frequenzbereich von 3 Hz bis 20 kHz. Die Obergrenze kann hierbei vom Anwender bestimmt werden. Der optionale LFE-Kanal hat eine Bandbreite von 3 Hz bis 120 Hz. Die Auflösung der Audiosamples liegt bei 16, 20 oder 24-bit. Die Datenrate kann vom Anwender bestimmt werden. Dolby Digital eignet sich nicht für die Verteilung von Mehrkanalton im Rahmen der professionellen Postproduktion in Fernsehanstalten. Eine Mehrfachcodierung sollte vermieden werden, da Dolby Digital für niedrige Bitraten optimiert wurde und hohe Bitraten nicht unterstützt werden. Dolby Digital Frames sind bezüglich ihrer Länge von der der Videoframes verschieden, daher eignet sich Dolby Digital nicht für den Schnitt, wenn die Videosignal nachträglich bearbeitet werden muss.

Achtung:

Der Name Dolby Surround kennzeichnet alleine das analoge Surround Sound Matrix-Verfahren, das in zweikanaligen Stereoübertragungsstrecken verwendet werden kann. Es ist mit 2.0 Dolby Digital 192 kbit/s kompatibel. Wird die Codierung mit MPEG-1 Layer II eingesetzt, so muss der Mode „Joint-Stereo“ abgeschaltet werden, da hierbei die beiden Matrixverfahren der Joint-Stereo-Codierung von MPEG Audio und Dolby Surround gegeneinander arbeiten und deutlich hörbare Artefakte hervorrufen können. Dolby Pro Logic ist das Decodierverfahren für Dolby Surround. Die neue Version heißt ProLogic II und verarbeitet Stereo-Surround ohne Bandbegrenzung der Surround-Kanäle auf 7 kHz.

DTS

DTS (Digital Theater Sound), ursprünglich nur im Kino, dann aber auch auf der DVD-Video vertreten, ist seit einem Jahr als weiteres optionales Tonsystem im DVB Standard aufgenommen. DTS hat also theoretisch in DVB den gleichen Status wie Dolby Digital. DTS ermöglicht ein 5.1 oder sogar 6.1 Mehrkanaltonsignal, im zweiten Falle einschließlich eines rückwärtigen Tonkanals, mit einer Abtastrate von 44.1, 48 oder 96 kHz in einem einzigen Datenstrom zu übertragen. Das neue DTS ES 96/24 Format ist hierbei rückwärtskompatibel zu dem normalen DTS Format. Bei DTS handelt es sich um ein recht skalierbares Format, das aufgrund seiner Skalierbarkeit nicht nur für die eigentliche Ausstrahlung, sondern auch für die Produktion, Postproduktion und Distribution verwendet werden kann. Das Quellformat kann in 44.1/20 Bit, aber auch in 48, 88.2, 96 oder sogar 192 kHz Abtastrate und einer Wortbreite von bis zu 24 Bit vorliegen. Der Bereich der Bitrate beträgt 64 kbit/s für einen Monokanal bis maximal 4.5 Mbit/s für ein 6.1 Mehrkanaltonsignal. Im Vergleich dazu beträgt die maximale Datenrate bei Dolby Digital nur 640 kbit/s. Seit Januar 2004 gibt es erste DVB STBs auf dem Markt, die ein DTS-Signal empfangen und an den angeschlossenen Mehrkanalreceiver durchschleifen können. Alle heutigen Mehrkanalreceiver unterstützen das DTS Format. Bei älteren Mehrkanalreivern kann nicht sichergestellt werden, dass ein DTS-Decoder eingebaut ist.

Windows Media 9

Auch Windows Media 9, bzw. Media 9pro unterstützt das 5.1 Mehrkanaltonformat. Bislang wird dieses Verfahren im Rundfunk nicht verwendet. Dennoch wurden von NTL in Zusammenarbeit mit Tandberg und Microsoft bereits erste Testausstrahlungen im Windows Media 9 Format bei DVB und DAB durchgeführt.

STANDARDISIERTE KANALBELEGUNG

EBU/ITU-R

Die beiden Empfehlungen EBU R-91 und ITU-BR 1384 legen die Kanalbelegung für 8-Kanal-Audiorecorder für AES3 oder TDIF fest. Hierbei wurde die folgende Kanalzuordnung festgelegt:

Spur 1&2:	vorne links, vorne rechts (AES3 Paar A)
Spur 3&4:	Center, LFE (AES3 Paar B)
Spur 5&6:	LS, RS (AES3 Paar C)
Spur 7&8:	Stereo Programm, d.h. Stereodownmix oder BSL (Back Surround L), BSR (Back Surround R) (AES Paar D)

Allerdings wird sowohl in der EBU als auch in der ITU darüber diskutiert, die Kanalbelegung ändern:

Spur 1&2:	Stereo Programm, d.h. Stereodownmix
Spur 3&4:	Vorne links, vorne rechts
Spur 5&6:	Center, LFE
Spur 7&8:	LS, RS

Dadurch würde erreicht, dass eine Kompatibilität mit bestehenden Studioverkabelungen und dem Stereoprogramm besteht.

SMPTE

Der SMPTE Standard 320M legt fest, wie die einzelnen Kanäle eines 5.1 Mehrkanaltonsignals auf acht Tonspuren eines digitalen Rekorders gemappt werden sollen. Hierbei herrscht volle Übereinstimmung zwischen Assignment A und den beiden Empfehlungen EBU R-91 und ITU-BR 1384.

MEHRKANALTONVERFAHREN FÜR PRODUKTION, POSTPRODUKTION UND TONVERTEILUNG

DTS

wird derzeit nur von Radio Schweden für Produktion, Postproduktion und Distribution verwendet. Für eine Anwendung im Fernsehen eignet sich DTS nicht, da eine Frame-Synchronisierung durch ungleiche Framelängen von DTS und den Videoframes nicht möglich ist. Zudem gibt es derzeit kein zu Dolby E vergleichbares Equipment zur Eingabe und Bearbeitung von Metadaten.

Dolby E

ist ein professionelles Datenformat für Mehrkanalton, das für die Produktion, Postproduktion, professionelles Editieren und die Inhouse-Distribution in Rundfunkanstalten entwickelt wurde. Daher ist Dolby E zu jedem Zeitpunkt vor der eigentlichen Ausstrahlung das geeignete Verfahren für die Verteilung von Mehrkanalton, insbesondere in Verbindung mit Video. Der Name wird für den digitalen Audio Datenstrom verwendet.

Dolby E kann bis zu acht diskrete Audiokanäle inklusive der Metadaten für jeden einzelnen Audiokanal und den SMPTE Timecode in einem AES3-Format übertragen. Dies bedeutet, dass eine Übertragung über normale Stereo PCM-Strecken möglich ist. Die bis zu acht Tonkanäle können in einer bestehenden Infrastruktur für digital Stereo über zwei AES3-Kanäle verteilt, oder auf zwei Tonspuren eines digitalen Videorecorders aufgezeichnet werden. Alle acht Tonkanäle einschließlich der Metadaten werden mit der üblichen Datenrate von 1,92 Mbit/s (entspricht 20 Bit Wortbreite und 48 kHz Abtastrate) codiert. Die Audiokanäle können hierbei eine Bandbreite von 20 kHz und eine Dynamik von bis zu 110 dB aufweisen. Steht nur eine Wortbreite von 16 Bit zur Verfügung, können im Dolby E Format sechs Audiokanäle transportiert bzw. gespeichert werden.

Dolby E kann im Gegensatz zu Dolby Digital viele (bis zu 10) Kaskadierstufen, d.h. eine mehrfache En- und Decodierung verkraften, ohne dass wahrnehmbare Artefakte auftreten. Darüber hinaus ist durch die Einbindung des SMPTE Zeitcodes und der Rahmenstruktur von Dolby E sichergestellt, dass Audio und Video über die komplette Postproduktion und Verteilung synchron bleiben.

Bei Dolby E handelt es sich um ein professionelles System, das ausschließlich für die Anwendung in der Post-Produktion- und in herkömmlichen Senderinfrastrukturen entwickelt wurde. Der Ton erreicht den Konsumenten niemals im Dolby E Format. Solche Decoder sind in Heimgeräten nicht vorhanden. Das Mehrkanaltonsignal muss vor der Ausstrahlung entweder in das Dolby Digital (die derzeit bevorzugte Methode, da diese von allen Heimgeräten, die den Empfang von Mehrkanalton über DVB erlauben, auch unterstützt wird) oder in das DTS Format umcodiert werden.

DOLBY E IN DER ANWENDUNG

Bild 1 zeigt das prinzipielle Schema einer 5.1 oder 5.0 Mehrkanaltonübertragung von der Quelle, d.h. der Produktion bis hin zum Hörer, so wie sie z.B. bei der ersten Mehrkanaltonübertragung des Neujahrkonzertes am 1. Januar 2003 beim ORF eingesetzt wurde. Bei der eigentlichen Produktion liegt das Tonsignal entweder analog oder im PCM Format vor. Erst nach der Mischung wird das digitale Tonsignal, bestehend aus den 4 AES Paaren L/R, C/LFE, LS/RS und optional Lt/Rt mit dem Dolby E Encoder DP571 encodiert. Direkt vor dem Satelliten-Uplink muss das Dolby E Signal mit dem Dolby E Decoder DP572 dekodiert und mit dem Dolby Digital Encoder DP562 in das Dolby Digital Heimformat transcodiert werden (siehe auch Bild 2).

Wichtig:

- In Dolby E ist kein zusätzlicher Fehlerschutz eingebaut. Die AES3 Infrastruktur muss für 20 Bit Wortbreite und 48 kHz Abtastrate bittransparent sein, d.h. es dürfen sich innerhalb dieser Infrastruktur keine Abtastratenwandler oder plesiochrone (gleiche Übertragungsrate und unterschiedlicher Taktrate) Wandler und keine Audioprozessoren, wie z.B. Kompander etc. innerhalb der mit Dolby E verwendeten Audiostrecke befinden.
- Die digitale Stereotonspur des verwendeten Videorecorders darf keine unkorrigierten Bitfehler aufweisen, da Dolby E nicht fehlerresistent ist. Eine Fehlerverschleierung der PCM-Spuren von VCRs muss abgeschaltet werden, da diese Fehlerverschleierung auf eine möglichst perfekte Unhörbarkeit der Fehler im PCM-Signal hin optimiert und für ein Dolby E Signal unbrauchbar ist.
- Eine Fehlerkorrektur hingegen ist für Dolby E Signale zu empfehlen, da selbst einzelne Bitfehler einen kompletten Dolby E Rahmen zerstören können. Gemessene Bitfehler im Dolby E Datenstrom müssen jedoch nicht unbedingt zu hörbaren oder störenden Artefakten im decodierten Dolby E Signal führen. Die Hörbarkeit der Fehler hängt sehr stark vom Audiosignal und dem/den Bit(s) des Dolby E Datenstroms ab, das/die gestört wurde(n).
- Dolby E fügt beim Encodieren und Decodieren jeweils eine Verzögerung von genau einem Videoframe hinzu. Dies bedeutet, dass das Dolby E Frame n mit dem Videoframe n+1 verkoppelt werden muss, damit der Ton nach der Decodierung synchron zum Video ist.

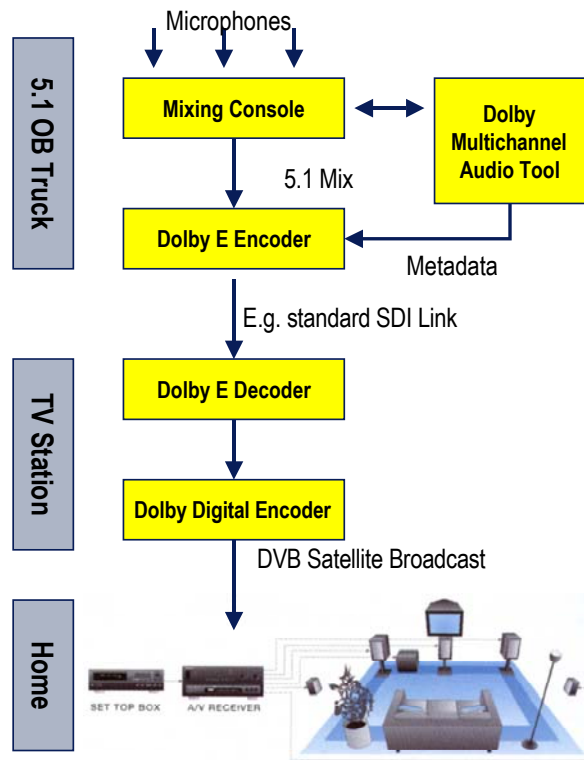


Bild 1: Prinzipielles Schema einer 5.1, bzw. 5.0 Mehrkanalübertragung

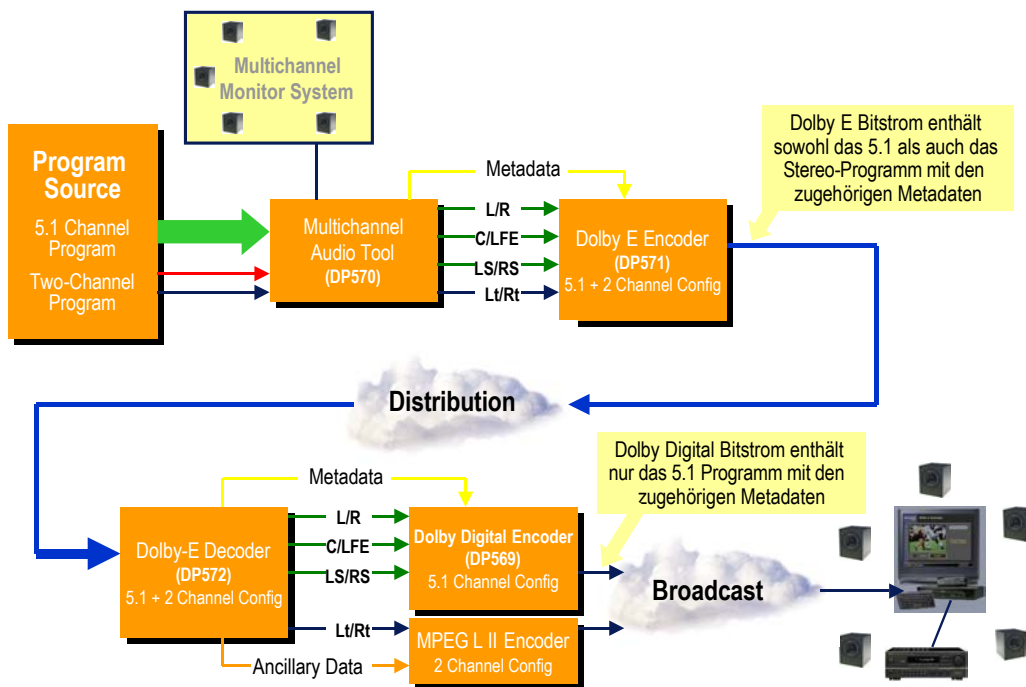


Bild 2: Infrastruktur der verwendeten Geräte für eine 5.1, bzw. 5.0 Mehrkanalübertragung

PRAKTISCHE ERFAHRUNGEN IN DER POSTPRODUKTION UND SENDEABWICKLUNG

Schwedisches Fernsehen SVT:

Die Infrastruktur zur Verteilung beruht auf embedded Audio in SDI. Der normale Stereoton, d.h. der PCM-Ton befindet sich im ersten AES/EBU Paar in Gruppe 1. Das Dolby E Signal befindet sich im zweiten AES/EBU Paar in Gruppe 1. Wenn kein 5.1 Mehrkanalton vorhanden ist, wird der normale Stereoton über Dolby Digital ausgestrahlt. Das bedeutet, dass der Dolby Digital Datenstrom zur Ausstrahlung immer im DVB-Multiplex bleibt.

Österreichisches Fernsehen ORF:

Im Falle der Speicherung von Mehrkanalsignalen auf digitalen Videorekordern, wie z.B. DigiBeta, Sony IMX, D5, D9 liegt auf der Spur 1&2 das Stereoprogramm im PCM-Format, auf der Spur 3&4 der Dolby E Datenstrom. Das Playout-Konzept sieht wie folgt aus:

Die Dolby E codierten Signale werden entweder von den Videobändern eines LMS Bandrobotersystem oder von lokalen MPEG-IMX-VTRs ausgespielt. Hierbei ist die Kanalbelegung wie oben beschrieben. Alle Tonsignale sind in SDI embedded. Das Stereoprogramm wird direkt zum Sendestudio geroutet und wie sonst üblich behandelt. Der Dolby E Datenstrom geht vorbei am Sendestudio direkt hin zum Satelliten-Uplink. Ein Dolby E Decoder (DP572) übernimmt die automatische Umschaltung von Stereo auf 5.1 Mehrkanalton und wieder zurück zu Stereo. Beide Sendestudios sind mit speziellen Prüftools ausgestattet, um sowohl das Stereo, das 4.0 Dolby Surround und das 5.1 Dolby Digital bzw. das 5.1 Dolby E Signal zu überprüfen. Diese Studios sind mit einem Dolby LM100 Bitstromanalysator und Lautheitsmesser ausgestattet.

SWR

Innerhalb der ARD sind konkrete Planungen bereits beim SWR im Bereich des Fernsehens im Gange. Die folgenden Abbildungen zeigen die Planungen für die Sendeabwicklung und die Programmzuführung zum DVB Uplink. Die Bilder 3 und 4 zeigen die geplante Sendeabwicklung mit dem Sendeablaufmischer sowie die geplante Zuführung für 5.1 Mehrkanalton zum DVB Uplink für das 1. Programm.

Beim SWR wurden während der letzten Monate umfangreiche Messungen bezüglich der Transparenz von Dolby E sowohl innerhalb des SWRs als auch auf den Hybnet-Leitungen durchgeführt. Die Messungen ergaben unter Anderem für die MAZ, dass Digi-Beta Dolby-E im 16- und 20Bit Mode aufzeichnet, IMX-Maschinen im 8- Kanal Mode zeichnen Dolby E nur mit einer Wortbreite von 16 Bit auf. Die Übertragung über die Hybnet-Res Leitung mit Schleife auf SDH-Ebene (Netzwerkmanagement Hybnet) funktioniert im 16, 20 und 24 Bit Modus! (Delay 1921 Samples = 40,02ms, AV-Delay 0). Die Übertragung von SL-FFTM1 nach Frankfurt zum ARD-Stern und Durchschaltung auf die Empfangsleitung EL-FFTM2 funktioniert ebenfalls im 16-24Bit Modus einwandfrei. (Delay 3495,5 Samples = 72,82ms, AV-Delay 0). Eine Übertragung über den Rundfunkservice-Multiplexer ist nicht möglich, da am Eingang des Coders ein Abtastratenwandler eingebaut ist. Um Langzeiterfahrung über eine stabile Übertragung zu erhalten sollten über einen längeren Zeitraum noch Messungen durchgeführt werden. Die in den Sendeleitungen eingebauten Jünger-Begrenzer müssen für einen Dolby-E Betrieb gebrückt werden.

Vom SWR vorliegende Messungen am Rundfunkservicemultiplexer zeigen, dass grundsätzlich eine Übertragung von Dolby Digital und Dolby E Signalen über den Rundfunkservicemultiplexer möglich ist. Getestet wurden Profile mit 8, 16 und 32MBit/s mit Audiowortbreiten von 16 und 20Bit. Es sind aber einige wichtige Aspekte beim RsMux zu beachten. Der RsMux hat am Encodereingang (AES/EBU) einen Abtastratenwandler, der nicht abgeschaltet werden kann. Dadurch kann das DolbyE-Signal nicht über diesen Weg zugeführt werden. Vermutlich soll der Abtastratenwandler sicherstellen, dass das Audiosignal auf dem Übertragungsweg phasenstarr mit Video verkoppelt ist.

Sendeabwicklung

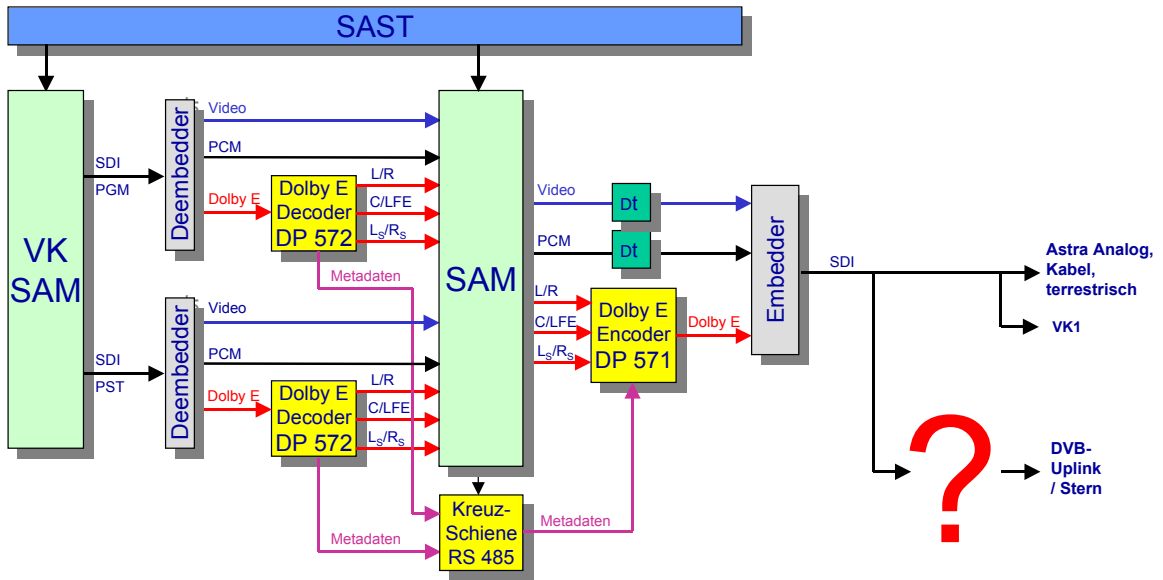


Bild 3: Geplante Sendeabwicklung für 5.1 Mehrkanalton beim SWR Fernsehen (Mit freundlicher Genehmigung von R. Feigl, SWR)

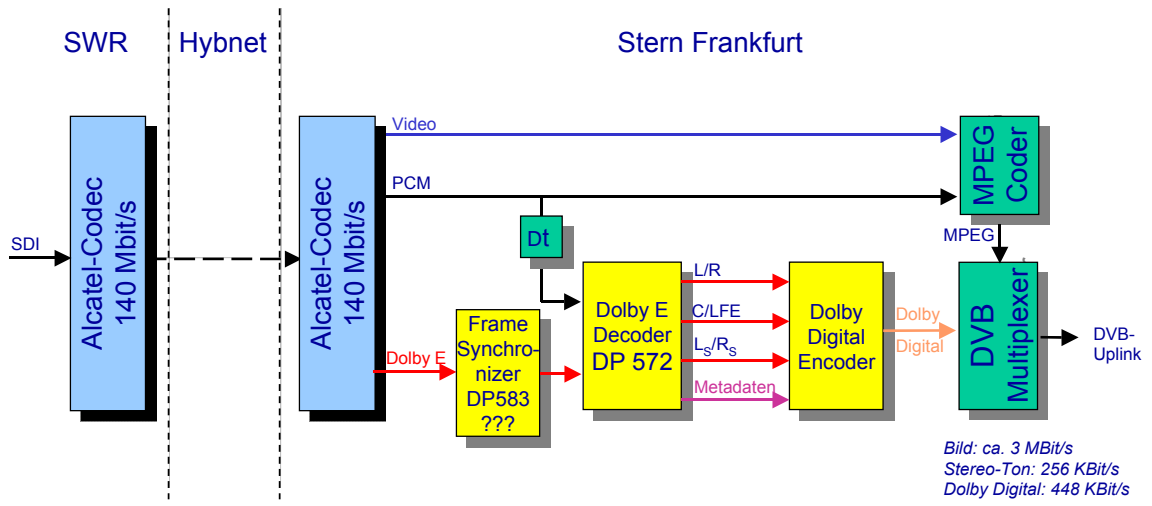


Bild 4: Geplante Zuführung für 5.1 Mehrkanalton zum DVB Uplink für das 1. Programm beim SWR Fernsehen (Mit freundlicher Genehmigung von R. Feigl, SWR)

Für eine Dolby E-Übertragung muss daher das Audiosignal als Embedded-Audio-Signal vorliegen um fehlerfrei den Coder zu passieren. Der Decoderausgang am RsMux wird über eine Black-Burst Referenz an den Haustakt der empfangenden Rundfunkanstalt angebunden. Die damit verbundene Anpassung kann wieder nur über einen Abtastratenwandler erfolgen, wodurch das im Video-Signal enthaltene Dolby E Signal beeinflusst und dadurch unbrauchbar wird. Aus diesem Grunde muss am Decoderausgang das de-embeddede Audiosignal verwendet werden, welches dort auch fehlerfrei zur Verfügung steht. Da aber im Normalfall das Audiosignal immer an den Haustakt der empfangenen Rundfunkanstalt angepasst werden muss stellt Dolby hierfür einen für Dolby E Signale transparenten Framerate-Converter zur Verfügung. Steht dieses Gerät nicht zur Verfügung, muss die Anpassung an den Haustakt auf der PCM-Ebene durchgeführt werden. An den Play-Out Centern z.B. in Potsdam wird das Dolby E Signal nach Dolby Digital transcodiert. Diese Transcodierung erfolgt immer über die PCM-Ebene! In den Profilen des RsMux muss für eine Dolby E-Übertragung „uncompressed“ (transparent) gewählt werden.

SYNCHRONISATION

Dolby E fügt beim Encodieren und Decodieren jeweils eine Zeitverzögerung von genau einem Dolby E Frame hinzu. Hierbei entspricht der Dolby E Frame genau der Länge eines Videoframes. Dadurch sind Video- und Audioframeraten absolut gleich. Die Videoinformation sollte hierbei ein Schwarzpegelsignal enthalten, damit die Video- und die Audioframes fest aneinander gebunden bleiben. Dolby E unterstützt Videoframeraten von 29,97 Hz (NTSC) und 25 Hz (PAL). Damit beträgt die Audioframelänge von Dolby E genau 40 ms. Im Gegensatz hierzu beträgt die Framelänge von Dolby Digital, also dem Ausstrahlungsformat, 32 ms.

Das Dolby E Signal kann an den Framegrenzen geschnitten werden, ohne dass störende Schnittgeräusche, wie z.B. Knacksen auftreten. Diese Schnitte erfolgen zudem synchron zur Videonachbearbeitung.

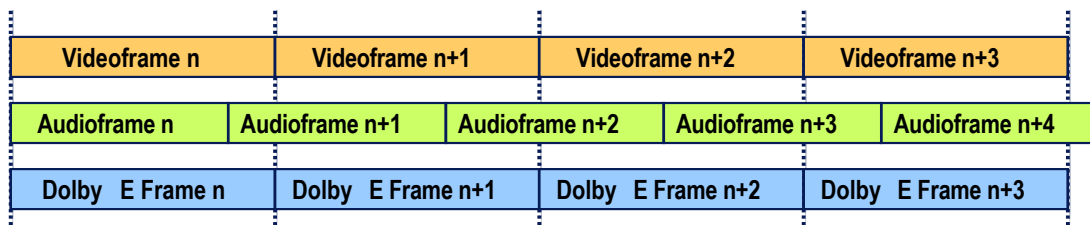


Bild 5: Dolby E Audio Frames passen genau zu den Videoframes

Große Vorsicht ist geboten, wenn Dolby E Signale über unterschiedliche Zonen hinweg übertragen werden, die zwar sehr genaue, jedoch leicht unterschiedliche Clocks aufweisen, da die verschiedenen Zonen nicht mit einem einzigen Masterclock arbeiten können. Im Falle von PCM-Audio haben diese unterschiedlichen Sync-Zonen keinen störenden Einfluss auf die Audioqualität, da Abtastratenwandler, bzw. plesiochrone Wandler eine Anpassung des PCM-Signals an die unterschiedlichen Sync-Zonen ermöglichen.

Da im Fall von Dolby E keine Abtastratenwandler benutzt werden dürfen, muss für die Anpassung an unterschiedliche Sync-Zonen der Dolby E Frame-Synchroniser DP-583 verwendet werden. Sonst können deutlich hörbare Clicks, d.h. Framedrops auftreten.

DOLBY METADATEN

Kaskadierte Übertragungstrecken mit Dolby E und Dolby Digital erlauben den durchgehenden Transport von Metadaten. Die Daten enthalten diverse Informationen über den Ton (Copyright, Inhalt, Eigenschaften, Format, Codierung, etc.) und ermöglichen die Konfiguration des Decoders für die optimale Wiedergabe unter individuell unterschiedlichen Gegebenheiten und Wünschen des Hörers (Bild 6).

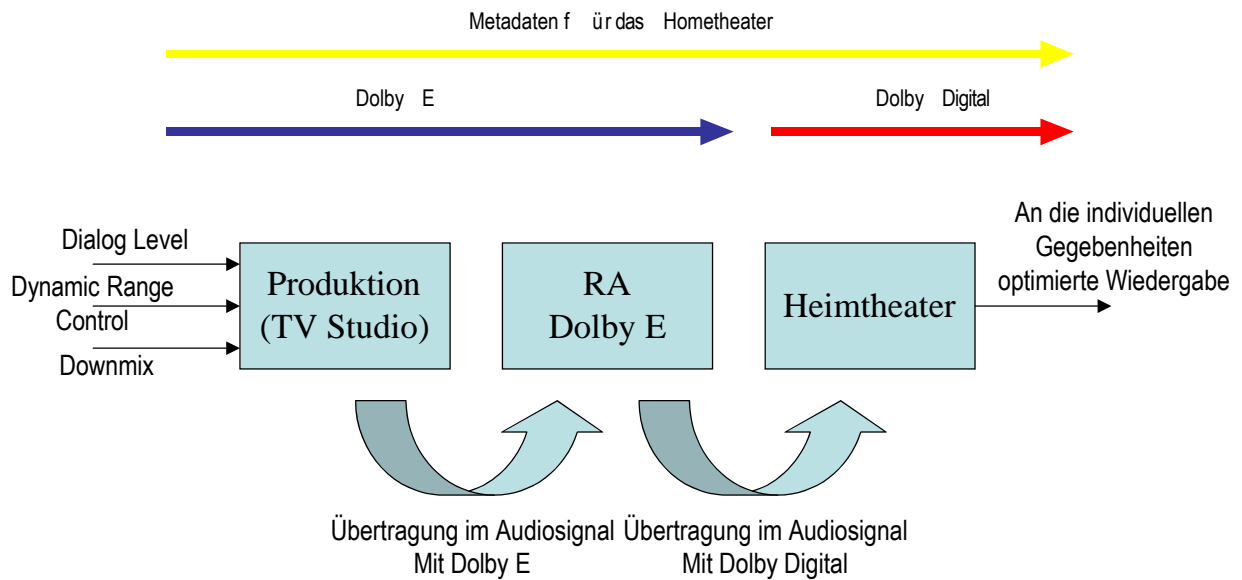


Bild 6: Metadaten begleiten das Audiosignal von der Produktion bis zur Wiedergabe

Wichtige Steuerparameter für die Wiedergabe beim Hörer sind: Dialogue level („dialnorm“), Dynamic range control, Downmix information, Bass management. Neben diesen „Consumer“-Parametern gibt es weitere so genannte „Professional“-Parameter, welche wohl im Dolby E Datenstrom enthalten sind, nicht aber im Dolby Digital Datenstrom.

Dialogue Normalization

Mit Hilfe des Parameters Dialogue Level kann auf der Sendeseite dafür gesorgt werden, dass der Hörer einen ausgeglichenen Wiedergabepegel für unterschiedliche Programmarten (Musik, Ansage, Action Film, Talk Show) oder Programmquellen (TV-Set-top Box, DVD-Player) erhält. Der Dialogue Level ist der Langzeit-A-bewertete durchschnittliche Pegel des Programms. Darauf basierend normalisiert ein Dolby Decoder den durchschnittlichen Pegel auf den sendeseitig gewünschten und entsprechend am Encoder vor eingestellten Wert. Dies hat den Effekt einer sendeseitig kontrollierten Lautstärkebalance, welche die Aussteuerung aber nicht berührt.

Dynamic Range Control

Im Dolby Encoder werden Dynamic Range Control (DRC) Metadaten berechnet und dem Audiosignal hinzugefügt. Sie dienen im Decoder dazu, für alle Audiokanäle die geeignete Kompression zu bekommen, abhängig von der beim Hörer gewünschten Dynamik. Damit kann schon während der Produktion oder vor der Distribution auf das Kompressionsverhalten Einfluss genommen werden. Das System arbeitet für alle eingestellten Profile prinzipiell nach einer einheitlichen Kennlinie. Es ist zu klären, ob und wie DRC mit den bestehenden Rundfunkübertragungswegen kompatibel ist.

Dolby Metadata

	Parameter	Dolby E	Dolby Digital	Standard
1	Program Configuration	X		ATSC-A/52
2	Program Description Text	X		ATSC-A/52
3	Dialogue Level	X	X	ATSC-A/52
4	Channel Mode	X	X	ATSC-A/52
5	LFE Channel	X	X	ATSC-A/52
6	Bitstream Mode	X	X	ATSC-A/52
7	Line Mode Compression	X	X	ATSC-A/52
8	RF Mode Compression	X	X	ATSC-A/52
9	RF Overmodulation Protection	X	X	ATSC-A/52
10	Center Downmix Level	X	X	ATSC-A/52
11	Surround Downmix Level	X	X	ATSC-A/52
12	Dolby Surround Mode	X	X	ATSC-A/52
13	Audio Production Information	X	X	ATSC-A/52
14	Mix Level	X	X	ATSC-A/52
15	Room Type	X	X	ATSC-A/52
16	Copyright Bit	X	X	ATSC-A/52
17	Original Bitstream	X	X	ATSC-A/52
18	<i>Preferred Stereo Downmix</i>	X	X	<i>Extended</i>
19	<i>Lt/Rt Center Downmix Level</i>	X	X	<i>Extended</i>
20	<i>Lt/Rt Surround Downmix Level</i>	X	X	<i>Extended</i>
21	<i>Lo/Ro Center Downmix Level</i>	X	X	<i>Extended</i>
22	<i>Lo/Ro Surround Downmix Level</i>	X	X	<i>Extended</i>
23	<i>Dolby Surround EX Mode</i>	X	X	<i>Extended</i>
24	<i>A/D Converter Type</i>	X	X	<i>Extended</i>
25	DC Filter	X		ATSC-A/52
26	Lowpass Filter	X		ATSC-A/52
27	LFE Lowpass Filter	X		ATSC-A/52
28	Surround 3 dB Attenuation	X		ATSC-A/52
29	Surround Phase Shift	X		ATSC-A/52

Tabelle 1: Metadaten-Parameter für Dolby E und Dolby Digital

Downmix

Abwärtskompatibilität des Mehrkanaltons ist eine essentielle Bedingung. Selbst bei Simulcastbetrieb können aus Kostengründen nicht sowohl ein 5.1- als auch ein Zweikanal- Mix hergestellt werden. Im IRT sind Untersuchungen angelaufen mit dem Ziel, einen geeigneten Weg zur kostengünstigen Gewährleistung eines vollwertigen 2-Kanal-Downmixes für 5.1-Mehrkanalton im Simulcast-Betrieb zu finden. Besonders hilfreich und praxisgerecht können Downmix-Koeffizienten sein, die während der Produktion gewählt und als Metadaten in das Audiosignal eingebettet werden. Dolby-E bietet diese Möglichkeit. Es gibt separate Downmix-Koeffizienten für den Center und für Surround. Ferner kann festgelegt werden, ob der Downmix das reine Lo/Ro-Stereo- oder das Dolby Lt/Rt-Format aufweisen soll. Das Lt/Rt-Format erlaubt die Dolby Surround Sound Pro Logic Dekodierung. Standardmäßig wird das Lt/Rt-Format unterstützt (die monophone Surround-Summe LS+RS wird gegenphasig auf L und R geroutet!

Die bestehenden und neue Möglichkeiten eines automatischen Downmixes werden zur Zeit geprüft. Unter welchen Bedingungen und für welches Material ist welcher automatische Downmix akzeptabel? Welche Aufnahmen bzw. Aufnahmetechniken machen welche Probleme? Sind Regeln für die Fünfkanal-Abmischung denkbar und praktikabel, damit der automatische Downmix zufrieden stellende Ergebnisse liefert?

MEHRKANALTON MONITORING UND TEST BEIM FERNSEHEN

Die reguläre kreisförmige Anordnung der Lautsprecher gemäß ITU-R BS 775-1 kann im Schaltraum für digitales Fernsehen oft schwierig sein. Jedoch gibt es für die Surround Lautsprecher relativ große Toleranzen in Bezug auf Richtung und Entfernung. Entfernungsdifferenzen lassen sich für Center und Surround mit Hilfe von Delay in gewissen Grenzen kompensieren (Bild 7).

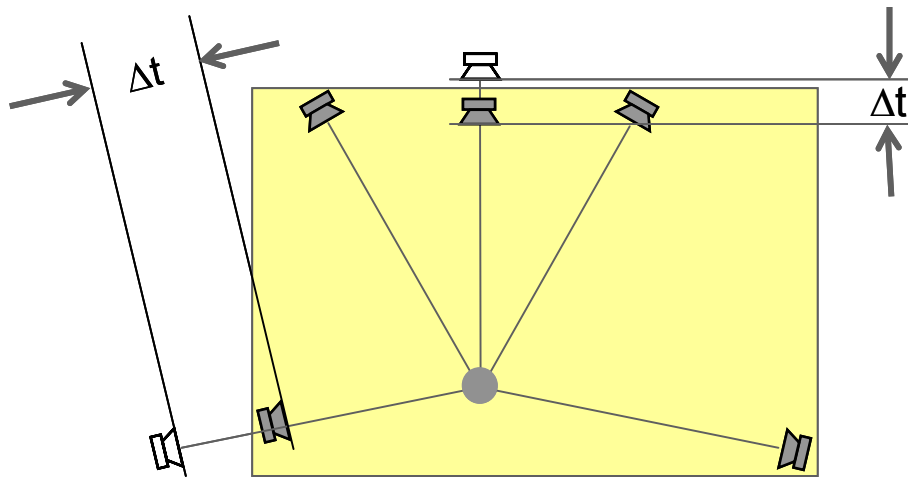


Bild 7: Entfernungskompensation durch Delay (2,94 ms für 1m „zu nahe“)

LFE

Das LFE-Signal hat typischerweise eine Bandbreite von unter 80 Hz und wird für tieffrequente Effekte optional eingesetzt. Es ist also kein Subwoofersignal im herkömmlichen Sinne, das die tieffrequenten Anteile des Normalen Audiosignals beinhaltet (Bild 8).

Gemäß ITU, AES und SMPTE soll bei der Produktion der LFE-Kanal solchen Programmanteilen mit extrem tiefen Frequenzen sowie sehr hohen Pegeln vorbehalten bleiben, deren Fehlen bei der Wiedergabe die künstlerische Vollständigkeit des Programms nicht beeinträchtigt. Der LFE-Kanal dient ausschließlich der optionalen Übertragung spezieller Effekte. Das LFE-Signal wird in den Decodern nicht im Downmix berücksichtigt. Der Wiedergabepegel des LFE-Signals liegt üblicherweise um ca. 10 dB höher als der Wiedergabe-Pegel der übrigen Einzelkanäle. Dies darf nach SMPTE nicht durch Erhöhung des Aufzeichnungspegels, sondern durch Pegelerhöhung im Wiedergabekanal ausgeglichen werden (siehe Bild 8).

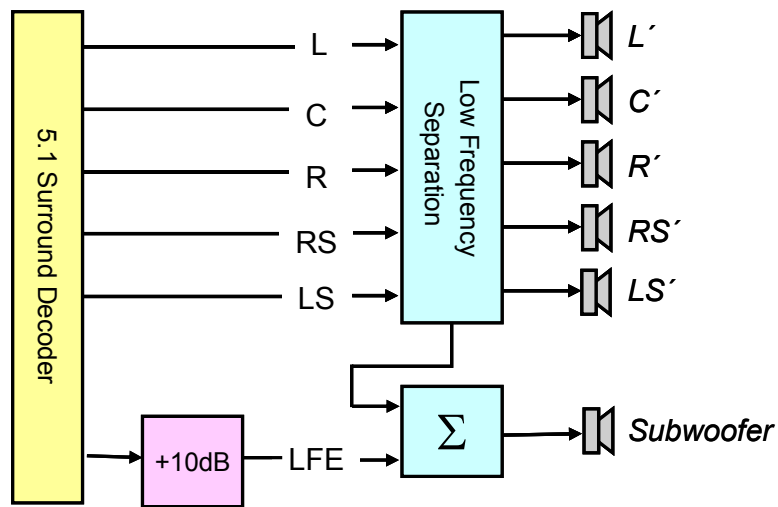


Bild 8: Bass Management (Prinzip)

Test- und Einmess-DVD

Für die Inbetriebnahme einer Mehrkanal-Monitoring-Anlage ist die Einmessung von besonderer Wichtigkeit. Eine praktische Hilfe bietet die Test- und Einmess-DVD des SSF. Sie kann bestellt werden unter der Adresse: www.tonmeister.de/foren/surround/dvd.html

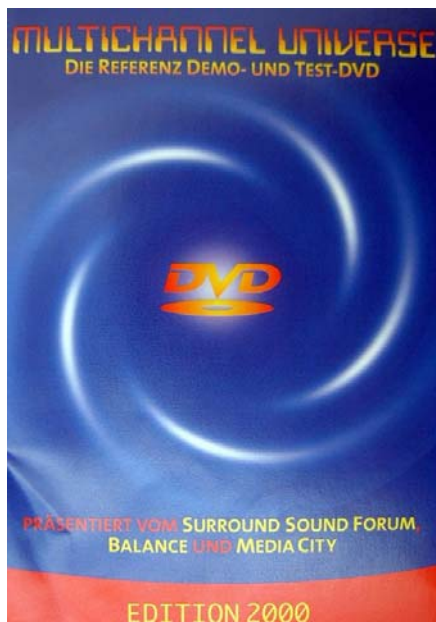


Bild 9: Test- und Einmess-DVD

Die DVD enthält Einmess- und Testsignale zur Einstellung von Wiedergabeanlagen für diskreten 5.1 Surround Sound. Sie ermöglicht u.a.:

- Kanal-Identifikation:
- Frequenzgangkontrolle
- Pegelkontrolle der Kanäle einschl. LFE
- Prüfung der Phasenrichtigkeit
- Pegelanpassung zwischen Subwoofer und Stereo-Lautsprechern

Die DVD enthält auch Testsignale für das Video-Bild

Virtueller 5.1-Abhörraum (BRS)

Bei denkbar ungünstigen räumlichen Bedingungen (beispielsweise im Ü-Wagen) kann anstelle des 5.1 Lautsprecher-Monitorings das sogenannte Binaural Room Scanning (BRS)-Verfahren eingesetzt werden. Dies ist z.B. mit großem Erfolg bei der 5.0 Übertragung des Neujahrskonzertes geschehen. BRS erlaubt die realistische hochwertige Wiedergabe in einem virtuell dargestellten Wiedergaberaum mit Hilfe von Kopfhörer und Headtracking. Es werden exakt die Ohrsignale berechnet, die im entsprechenden realen Wiedergaberaum vorhanden wären, abhängig von der momentanen Kopfdrehung. Infolge der Headtracking-Technik erscheinen die Orte der virtuellen Lautsprecher raumbezogen (unabhängig von der Kopfbewegung). Neben deutlicher Kostensenkung für das Monitoring ergeben sich zusätzliche praktische Vorteile: Per Umschaltung kann der Tonmeister während der Produktion bestimmte Raum- oder Lautsprechereigenschaften sowie die Lautsprecheranordnung verändern und vergleichen. Das ist wichtig für die Beurteilung der Kompatibilität, beispielsweise Studiowiedergabe mit Heimwiedergabe, oder Filmtone im großen Kino mit Fernsehton.

ENCODIERUNG IN DOLBY DIGITAL FÜR DIE AUSSTRAHLUNG

Die Transcodierung in das Dolby Digital Format sollte erst kurz vor der eigentlichen Ausstrahlung erfolgen. Typischerweise erfolgt diese Transcodierung im Playout-Center. Es sollte auf alle Fälle sichergestellt werden, dass nach der Dolby AC-3 Codierung, also der Umwandlung des Mehrkanaltonsignals in das Dolby Digital Format, keine weiteren Bearbeitungsschritte des Signals mehr erfolgen, da das Dolby Digital Signal gegenüber einer Mehrfachkodierung (Kaskadierung) nicht besonders robust ist. Die Codierung in das Dolby Digital Format erfolgt mit dem DP569 Multichannel Audio Encoder. Dolby Digital macht es möglich, die Anzahl der Kanäle und die Bitraten exakt an die jeweilige Anwendung anzupassen. So kann man zum Beispiel die 5.1 Kanäle des digitalen Heim- Surround-Sound-Formats mit 384 bis 640 kbit/s codieren, während die beiden Kanäle eines Stereoprogramms mit 192...256 kbit/s codiert werden sollten. Für ein 5.1 Mehrkanaltonsignal werden bei DVB 448 kbit/s empfohlen, da hierbei selbst sehr kritische Mehrkanaltonsignale keine hörbaren Beeinträchtigungen mehr aufweisen. Ergebnisse aus umfangreichen Hörtests liegen im IRT vor. In Tabelle 2 sind die möglichen Bitraten für verschiedene Kanal-Konfigurationen aufgelistet. Zu den weiteren Besonderheiten zählt die Fähigkeit der Consumer-Decoder, mehrkanalige Datenströme für die Wiedergabe in Mono, Stereo oder Dolby Surround intern abzumischen.

Von Anfang an als Mehrkanal-System konzipiert, wurde Dolby Digital 1992 erstmals für die Tonübertragung im Kino eingesetzt. Inzwischen wurde das System weltweiter Tonstandard von DVD-Video und der Tonstandard für das amerikanische Digitalfernsehen ATSC (terrestrisch) und SCTE (Kabel).

Gesamtbitrate in kbit/s	Kanal-Konfigurationen*
56, 64, 80	1/0
96	1/0, 2/0
112	1+1, 1/0, 2/0
128, 160	1+1, 1/0, 2/0, 3/0, 2/1
192	1+1, 1/0, 2/0, 3/0, 2/1, 3/1, 2/2
224, 256, 320, 384, 448, 512, 576, 640	1+1, 1/0, 2/0, 3/0, 2/1, 3/1, 2/2, 3/2

* Bei der Darstellung X/Y steht X für die Anzahl der vorderen Kanäle und Y für die Zahl der Surround Kanäle. 1+1steht für zwei Mono Programme. 2/0 steht entweder für herkömmliches zweikanaliges Stereo L/R, oder für Dolby Surround encodiertes Lt/Rt.

Tab. 2: Gesamtbitrate und mögliche Kanal-Konfigurationen beim Dolby Digital Verfahren

AKTUELLE ARBEITEN DER EBU FÜR MEHRKANALTON IM RUNDFUNK

Derzeit gibt es bei der EBU zwei Projektgruppen, die sich mit Mehrkanalton beschäftigen:

1. P/AGA (Production Management / Advisory Group on Audio)

Chair: John Emmet, Thames TV.

In dieser Gruppe werden die Produktionsaspekte von 5.1 Mehrkanalton bearbeitet. Die aktuellen Arbeiten befassen sich mit der Harmonisierung der Kanalzuordnung der EBU/ITU-Empfehlung und des SMPTE-Standards sowie mit der Erarbeitung eines Fileformates für den Mehrkanalton. In Planung ist eine Erweiterung des BWF Formates.

2. B/MCAT (Broadcast Management / MultiChannel Audio Transmission)

Chair: Gerhard Stoll, IRT

Diese Gruppe bearbeitet die Übertragungsaspekte des Mehrkanaltons über DVB und das Internet einschließlich des Playouts bei DVB und den Empfang durch die STBs. Im Fokus liegt auch eine europaweite Verbreitung von Mehrkanalton über Eurovision für das Fernsehen und Euroradio für den Hörfunk. Erste Erfahrungen mit dem Neujahrskonzert des ORFs haben ergeben, dass das Eurovisions-Netzwerk derzeit nicht in der Lage ist, Dolby codierte Signale fehlerfrei zu übertragen. Guidelines für eine korrekte Implementierung der Verarbeitung von Mehrkanalton in STBs sollen zusammen mit DVB und der Endgerätehersteller erarbeitet werden. Derzeitig auf dem Markt befindliche STBs haben zum Teil große Schwierigkeiten, den Dolby Digital Ton synchron zum Bild und ohne Framedrops an den Mehrkanalreceiver weiterzuleiten. Die Distribution wird insoweit berücksichtigt, als dass sie für eine fehlerfreie Übertragung hin zum Hörer ebenfalls substantiell notwendig ist.

Die Autoren möchten sich insbesondere bei Roland Feigl (SWR) und Karl Slavik (ORF) dafür bedanken, dass sie einen Teil der Unterlagen, die derzeit in der EBU-Gruppe B/MCAT gesammelt werden, verwenden durften.