

Diplomarbeit

„Sound im Kinofilm und die Auswirkung auf das Fernsehen“

Ausgeführt zum Zweck der Erlangung des akademischen Grades eines
Dipl.-Ing. (Fh) für Telekommunikation und Medien
Am Fachhochschul-Diplomstudiengang Telekommunikation und Medien St. Pölten

Unter der Leitung von

Martin Laumann

ausgeführt von

Peter Wutzl
tm021127

St. Pölten, am 21. August

Unterschrift:

Ehrenwörtliche Erklärung

Ich versichere, dass

- ich diese Diplomarbeit selbstständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und mich auch sonst keiner unerlaubten Hilfe bedient habe.
- ich dieses Diplomarbeitsthema bisher weder im Inland noch im Ausland einem Begutachter/einer Begutachterin zur Beurteilung oder in irgendeiner Form als Prüfungsarbeit vorgelegt habe.

Diese Arbeit stimmt mit der vom Begutachter beurteilten Arbeit überein.

.....
Ort, Datum

.....
Unterschrift

Kurzfassung

Diese Arbeit soll einen Überblick über Mehrkanaltonformate und deren Einsatzgebiete geben. Mehrkanalwiedergabeformate und Audiocodecs von Quadrofonie bis hin zu SDDS werden behandelt und die Vor- und Nachteile aufgezeigt. Weiters werden die Grundlagen der Mikrofonierung behandelt und im Speziellen wird auf die Mehrkanalmikrofonierung eingegangen. In diesem Zusammenhang werden auch die unterschiedlichen Mikrofontypen und ihre individuellen Eigenschaften erklärt.

Die Frage mit der sich dieses Werk beschäftigt:

Gehen die Technologie der Tonsysteme und die damit verbundenen Audiocodecs im Kino und im Heimbereich unterschiedliche Wege oder wird diese speziell für das Kino entwickelt und für die Heimanlagen nur adaptiert?

Um den derzeitigen Stand interpretieren zu können, wurde als Forschungsmethode die deduktive Inhaltsanalyse gewählt. Die vorgebrachten Argumente wurden von bestehenden Theorien abgeleitet, um so zu einer Erkenntnis zu gelangen.

Aufgrund der mir vorliegenden Ergebnisse und Recherchen bin ich zu dem Entschluss gekommen, dass die im Audibereich eingesetzten Technologien, aufgrund der bestehenden Marktsituation im Kino und zu Hause jetzt und auch in Zukunft separat behandelt und erforscht werden. Dazu beigetragen haben vor allem neue Speichermedien, im speziellen die DVD.

Abstract

This degree dissertation „Sound im Kinofilm und die Auswirkung auf das Fernsehen“ examines audio codecs used in cinemas and home audio setups. It provides an overview of the different multi-channel audio formats ranging from Stereo to Wavefield Synthesis and the media in which they are used. Additionally, several microphone techniques and the application of microphones regarding surround sound recording are treated and the latest surround sound techniques are discussed.

Despite the different surround sound formats, the most widespread format is still Stereo. My conclusion is that multi-channel audio formats were originally developed for the cinema and then adapted for home entertainment. Also, since the market for surround sound home cinema systems has grown significantly in the last years, companies have started to invest more in developing and improving products for this market segment. There are several reasons why this is important: Loudspeakers are different because they have to be smaller for home cinema systems. Also, digital television and media like the DVD, the recent HD-DVD and blu-ray provide the possibility to transfer larger amounts of data. Therefore the development of home audio and cinema systems are going into different directions, albeit with the same goal: to create the most realistic auditory experience possible. While perfect realism is not possible with today's technologies such as Wavefield Synthesis, we are closer to this goal than ever before.

Danksagungen

Ich möchte mich herzlich bei meinen Eltern Eva und Josef Wutzl bedanken, ohne die mein Studium nicht möglich gewesen wäre. Auch bei meinen Brüdern Sebastian und Philipp will ich mich hiermit für die Unterstützung während des Studiums bedanken.

Weiters möchte ich mich bei meinem Betreuer Martin Laumann für die Unterstützung und die Zusammenarbeit bedanken. Ohne seinen Rat wäre diese Diplomarbeit nicht zustande gekommen.

Speziellen Dank gebührt Stefan Wiborny, Bea Schneeweiß und Konstantin Putnik die die Arbeit Korrektur gelesen haben.

Einen großes Danke möchte ich auch Phillip Rössl aussprechen, der mich immer angespornt hat, meinen Ehrgeiz im Studium wiederzufinden.

Dank gebührt auch Michael Schwameis und Michael Sachs sowie meinen zahlreichen Freunden, die mich stets unterstützt und mir einen gewissen Ausgleich zum Studium geboten haben.

Inhaltsverzeichnis

1.	EINFÜHRUNG	
.....		9
2.	GESCHICHTLICHER EXKURS	
.....		11
2.1	ENTWICKLUNG DER AUFZEICHNUNGSARTEN UND – MEDIEN	11
2.1.1	<i>Mechanische Aufnahmetechnik</i>	<i>11</i>
2.1.2	<i>Elektrische Aufnahmetechnik</i>	<i>11</i>
2.1.3	<i>Digitale Aufnahmetechnik.....</i>	<i>13</i>
2.2	VON MONO ZUR STEREOFONIE	15
2.3	MEHRKANAL-STEREOFONIE	16
2.4	OPTIMALER HÖRRAUM	18
2.5	KINO- VS. HEIMBEREICH	19
3	MEHRKANALTONWIEDERGABEFORMATE UND CODIERFORMATE	21
3.1	4 KANÄLE.....	23
3.1.1	<i>Quadrofonie</i>	<i>23</i>
3.1.2	<i>Dolby Surround</i>	<i>24</i>
3.1.3	<i>Pro Logic I</i>	<i>25</i>
3.2	5 KANÄLE.....	26
3.2.1	<i>3/2 Format.....</i>	<i>26</i>
3.2.2	<i>Pro Logic II</i>	<i>27</i>
3.3	5.1 KANÄLE.....	28
3.3.1	<i>Dolby Digital</i>	<i>30</i>
3.4	6.1 KANÄLE.....	31
3.4.2	<i>DTS-EX</i>	<i>33</i>
3.4.3	<i>Pro Logic IIx</i>	<i>33</i>
3.5	7.1 KANÄLE.....	34

3.5.1	3/4/1 Format.....	34
3.5.2	5/2/1 Format.....	35
3.5.3	SDDS	35
3.6	WEITERE MEHRKANALTONFORMATE.....	35
3.6.1	Dolby Headphone.....	36
3.6.2	Dolby Virtual Speaker.....	36
3.6.3	9.1 Format.....	37
3.6.4	10.1 Format.....	37
3.6.5	10.2 Format.....	37
3.6.6	THX.....	38
3.6.7	IMAX	42
3.6.8	Binaural Room Scanning.....	45
4	 MIKROFONIERUNG	48
		
4.1	Eigenschaften von Mikrofonen	48
4.2	Richtwirkung.....	52
4.3	Wandlerprinzipien.....	54
4.4	Weitere Mikrofonarten	58
4.5	Tonaufnahmen für Spielfilme und fürs Fernsehen	61
5	 MIKROFONIERUNGSTECHNIKEN	62
		
5.1	GRUNDLAGEN	62
5.1.1	AB-Stereofonie	62
5.1.2	XY-Stereofonie	62
5.1.3	MS-Stereofonie	64
5.2	MEHRKANALMIKROFONIERUNG.....	65
5.2.1	INA 3	65
5.2.2	INA 5	65
5.2.3	Doppelte-MS-Stereofonie.....	66
5.2.4	IRT-Kreuz.....	67
5.2.5	Surround-Kugelflächenmikrofon	68

5.2.6	<i>Soundfield</i>	69
5.2.7	<i>Diskretes B-Format</i>	70
5.2.8	<i>MST</i>	70
5.2.9	<i>OCT</i>	71
5.2.10	<i>Decca-Tree</i>	72
5.2.11	<i>Fukuda-Tree</i>	73
6	 ENTWICKLUNGEN	
	75	
6.1	DOLBY DIGITAL PLUS	75
6.2	DTS-HD MASTER AUDIO	76
6.3	DOLBY TRUEHD	77
	SCHLUSSWORT	78
	GLOSSAR	79
	LITERATURVERZEICHNIS	80
	ONLINELITERATURVERZEICHNIS	81
	ABBILDUNGSVERZEICHNIS	83
	TABELLENVERZEICHNIS	85

1. Einführung

Seit einigen Jahren setzt die Audioindustrie auf das Zugpferd Surround-Sound. Vor allem im Kino sehr gut beim Publikum angekommen, will man dies jetzt auch im Heimkinobereich umsetzen. Insbesondere der Boom der DVD und die Speichermöglichkeiten, die dieses Format bietet, ermöglichten auch im eigenen Haus ein atemberaubendes Audioerlebnis. Dennoch ist der Surround-Sound noch nicht voll etabliert und weit davon entfernt ein Standard zu sein und die Stereo-Technologie abzulösen. Hinzu kommt, dass die meisten Mehrkanaltonanlagen aufgrund diverser Umstände nicht der Norm ITU-R-BS-775¹ entsprechen. Infolge dessen ist es de facto unmöglich, eine exakte Wiedergabe in allen Haushalten vorzufinden.

Um aber die beste Qualität für den Heimgebrauch bieten zu können, ist ein optimales Lautsprechersetup im Studio von Nöten. Gut justierte und konfigurierte Boxen sind eine Grundvoraussetzung für Tontechniker, um ein gutes Klangerlebnis vorzubereiten. Dies lässt sich aber nur schwer eins zu eins umsetzen, weil, wie bereits erwähnt, nicht alle Heimanlagen gleich sind.

Ziel der Technologie ist es dennoch eine originalgetreue Klangwiedergabe zu entwickeln. Doch auch der Mehrkanalton erfüllt nicht ganz den Wunsch des realistischen Hörens. Zwar ist man mit diesem Verfahren dem perfekten Sound einen Schritt näher gekommen, aber eine originale Wiedergabe ist noch nicht möglich. Technologien wie die Wellenfeldsynthese, Dolby Virtual Speaker oder Binaural Room Scanning lassen aber darauf schließen, dass die Entwicklung rasant voranschreitet und mit immer besseren Möglichkeiten aufwarten kann.

Diese Arbeit versucht einen Überblick über vorhandene Wiedergabeformate und Codierformate im Kino und auch im Heimbereich zu geben. Der Titel „Sound im Kino und die Auswirkung auf das Fernsehen“ wurde deshalb gewählt, weil möglicherweise die Audioformate speziell für das Kino entwickelt und dann für die

¹ Christian Birkner: Surround, PPV Presse Project Verlags GmbH, Bergkirchen, 2002, S. 17 ITU-R-BS-775: auch ITU 775. Hauptempfehlung für Mehrkanalwiedergabe im Studio- und Heimbereich; de facto-Standard

Heimanlagen adaptiert wurden. Auch die Technik, im Speziellen die Mikrofonierung für Mehrkanaltonaufnahmen, wird beschrieben. Am Ende der Arbeit wird ein Ausblick auf kommende Technologien im Bereich Mehrkanalton gegeben, welche unter anderem durch neue Speichermedien ermöglicht und forciert werden.

Ist die Übertragung von Signalen über mehrere Kanäle realistischer und naturgetreuer als die mittels weniger Lautsprecher? Wo liegt der Unterschied zum jetzigen Standard, dem Zweikanal-Stereo?

Es wird versucht diese Fragen zu beantworten und Aufschluss über die verschiedenen Wiedergabeformate zu geben.

2. Geschichtlicher Exkurs

2.1 *Entwicklung der Aufzeichnungsarten und – Medien*

2.1.1 Mechanische Aufnahmetechnik

Emil Berliner erfand 1885 den plattenförmigen Tonträger, eine wachsüberzogene Platte, in dessen Oberfläche eine Tonrille eingraviert wurde. 1889 verbesserten Berliner und Werner Suess das Grammophon, indem sie einen großen Schalltrichter hinzufügten.²

1912 entwickelte Edison seine letzte Tonwalze mit einer Celluloidoberfläche. Die Wiedergabe dieses Tonträgers war qualitativ das Beste, was man zu dieser Zeit hören konnte. Fast am Ende der Ära der mechanischen Aufnahme kamen 1920 Kopfhörer und Lautsprecher auf den Markt und verdrängten so das Trichtergrammophon.³

Die Sternstunde des Lichttonfilms war 1919, als die Ingenieure Hans Vogt, Josef Engl und Josef Masserolle ein neues Verfahren namens Triergon vorstellten. Das Neue dabei war, dass Bild und Film auf demselben Medium gespeichert wurden und so das erste Mal eine synchrone Wiedergabe erfolgen konnte, was ihnen auch 1921 gelang. Die eigentliche Sensation zu jener Zeit war aber die Erfindung der Elektronenröhre, welche die Ära der Elektrotechnik einläutete.⁴

2.1.2 Elektrische Aufnahmetechnik

1923 arbeiteten auch Henry Stroller und Harry Pfannenstiel daran, Film und Ton gleichzeitig abspielen zu lassen. Zum Synchronisieren von Tonträger (Schallplatte) und Film verwendeten sie zwei gekoppelte Elektromotoren. Ein weiterer Schritt

² vgl. <http://gerhard.junker.info/publikationen/graphische/audiotechnik.htm>, 30.06.06, 8:30

³ vgl. <http://gerhard.junker.info/publikationen/graphische/audiotechnik.htm>, 30.06.06, 8:45

⁴ vgl. Birnker, S. 21

gelang Alan Dower Blumlein 1931, als er die Flankenschrift zum Patent anmeldete und so die MS-Stereofonie, auch Blumlein-Technik genannt, erfand.⁵ Bei der Flankenschrift werden Schallinformationen für den linken und rechten Kanal in 45° auf eine Rille geprägt.

Qualitativ hochwertige Stereoaufnahmen im Film erreichte man nicht, wie man vielleicht annehmen kann, mit der Schallplatte, sondern mit Magnetband, was dieses Medium auch zum überragenden Lichtton seiner Zeit kürte. Deswegen folgte auch im Einführungsjahr 1943/44 die Nachsynchronisation von Filmen auf Magnetband.⁶

Die ersten Stereo-Tonträger kamen 1953 auf den Markt. Die bespielten Stereo-Tonbänder waren die ersten Stereo-Medien für den Konsumenten. Komplettiert wurde dieses Medium 1957 mit der Einführung der ersten Stereo-Langspielplatten.⁷

1963 startete Philips das Projekt Compact Kassette Cartridge, dessen Vollendung aber noch fünf Jahre dauerte. Aufgrund der mangelnden Konkurrenz dominierten die Achtpur-Endloskassetten den Markt. DOLBY entwickelte 1971 das noise reduction-Verfahren, um die Wiedergabequalität von Kassettengeräten zu verbessern.⁸

1979 löste Sony mit einem neuen Kassetten-Abspielgerät einen Boom aus. Sonys Walkman war entstanden und erreichte auch bald darauf einen USP Status. Auch andere Firmen sahen den Verkaufserfolg von Sony und sprangen auf den Zug auf.⁹

⁵ vgl. <http://gerhard.junker.info/publikationen/graphische/audiotechnik.htm>, 30.06.06, 09:00

⁶ vgl. Birnker, S. 23

⁷ vgl. <http://gerhard.junker.info/publikationen/graphische/audiotechnik.htm>, 30.06.06, 9:15

⁸ vgl. <http://gerhard.junker.info/publikationen/graphische/audiotechnik.htm>, 30.06.06, 9:40

⁹ vgl. <http://gerhard.junker.info/publikationen/graphische/audiotechnik.htm>, 30.06.06, 9:50

2.1.3 Digitale Aufnahmetechnik

Philips war auch die Firma, die 1982 die erste Audio-CD vorstellte. Sie veröffentlichte weiters die IEC-908-Spezifikationen, welche die Normeigenschaften einer CD festlegten. Sonys Präsident Ohga schlug jedoch vor, den Durchmesser der CD von 11.5 auf 12 cm zu vergrößern, sodass Beethovens Neunte Symphonie darauf Platz hat, was im Endeffekt auch geschah.¹⁰

Ein anderer Tonträger der dazu beigetragen hat, dass die Kassette vom Markt verdrängt wurde, war die MiniDisc. Sie wurde 1991 von Sony entwickelt und hauptsächlich als Tonträger für Musik verwendet.¹¹

1991 entwickelte Sony die SACD (Super Audio Compact Disc). Dieses Medium bot nun der auch neu entwickelten Direct Stream Digital (DSD) Technologie genügend Speicherplatz. DSD zeichnete die Schallwellen direkt als hochauflösendes digitales Signal auf.¹²

Am 12.12.1995 gelang der Aufstieg eines neuen Speichermediums. Die großen Herstellergruppen einigten sich auf einen Standard für die DVD. Durchwegs alle Branchen unterstützten den neuen Standard und arbeiten ununterbrochen daran, dieses Format weiter zu verbessern. Neben der Audio-DVD, die ein hochauflösendes Mehrkanal-Musikmedium ist, gibt es natürlich auch andere DVD-Formate wie DVD-Video¹³, DVD-Rom (Computer-Speichermedium), DVD-R (einmal beschreibbar) und DVD-RAM (mehrmals beschreibbar und löschbar).¹⁴

Auch die digitalen Audiodateien gewannen an Einfluss und sind nicht mehr wegzudenken. Hierbei werden Klänge digital umgewandelt. Es gibt viele verschiedene Containerformate zur digitalen Speicherung von Audiodateien. „Audiodateien enthalten die digitalisierte Form eines akustischen Signals, also

¹⁰ vgl. <http://www.tonaufzeichnung.de>, 30.06.06, 10:15

¹¹ vgl. <http://de.wikipedia.org/wiki/Minidisc>, 30.06.06, 10:40

¹² vgl. <http://www.tonaufzeichnung.de/>, 30.06.06, 10:30

¹³ bis zu 8 Stunden Video mit 8 Soundspuren und 32 Untertiteln

¹⁴ vgl. <http://www.tonaufzeichnung.de/>, 30.06.06, 11:15

*eine diskrete Darstellung des zeitlichen Verlaufs einer Schwingung*¹⁵ Die Qualität der digitalen Audiodatei hängt somit von zwei Werten ab:

1. Sample-Rate (=Abtastrate) – wie oft wird der Klang abgenommen.
2. Anzahl der Bits pro Sample – Wertebereich, den die Amplitude annehmen kann.

Die am häufigsten verwendeten Formate sind MP3, wave und CAF (Core Audio Format, Apple Format).¹⁶

Die nächste Ausbaustufe der DVD war die Dual-Disc, die 2004 von der Musikindustrie eingeführt wurde. Ziel dieses Mediums war die Verbindung von Audio und Video im Musikbereich. Für einen Fan ergab das wesentliche Vorteile. Auf der einen Seite der Dual-Disc befand sich digitales Audiomaterial, das von jedem Abspielgerät wiedergegeben werden konnte. Auf der anderen Seite speicherte man die Videomaterialien und andere nützliche Informationen. Da die Disc kompatibel mit anderen Geräten sein musste, war deren Durchmesser ebenfalls 12 cm.¹⁷

Nachdem die DVD nicht mehr verbessert werden konnte, war der nächste logische Schritt die Einführung eines neuen Mediums: Blu-ray Disc. Sie basiert auf einem blau-violetten Laser mit 405nm Wellenlänge, der es ermöglicht, die Speicherkapazität auf 27GiB¹⁸, bzw. bei zwei Lagen auf 54 GiB zu erhöhen. Mittlerweile gibt es aber auch schon Blu-ray DVDs mit einer Kapazität von 200 GiB. Deshalb ist dieses Medium auch für HDTV Aufzeichnungen sehr beliebt, da diese wegen der höheren Auflösung mehr Speicherplatz brauchen.¹⁹

Der eigentliche Nachfolger der DVD wurde aber bereits am 19. November 2003 mit dem Format HD-DVD (High Definition Digital Versatile Disc bzw. High Density Versatile Disc) festgelegt. Zu den Firmen, die dieses Medium unterstützen, gehören Sony, Pioneer, Apple uvm. Wie bei der Blu-ray Disc ist auch bei der HD-

¹⁵ http://de.wikipedia.org/wiki/Wave_%28Format%29, 30.06.06, 10:45

¹⁶ vgl. <http://www.tonaufzeichnung.de/>, 30.06.06, 11:30

¹⁷ vgl. <http://www.tonaufzeichnung.de/>, 30.06.06, 13:00

¹⁸ Gibibyte = 2^{30} Byte = 1.073.741.824 Byte

¹⁹ vgl. http://de.wikipedia.org/wiki/Blu_Ray, 30.06.06, 13:30

DVD der Kopierschutz Advanced Access Content System (AACS) vorgesehen. Pro Lage abhängig vom Typ der HD-DVD ist eine Speicherkapazität von 15 – 20 GiB möglich. Die verschiedenen Typen dieses Mediums unterstützen Audiocodecs wie MPEG, Dolby Digital Plus, DTS-HD, Meridian Lossless Packing (MLP) und LPCM. Abspielgeräte für HD-DVD sind bereits erhältlich und ermöglichen das Abspielen folgender Typen:²⁰

Type 1: Erweiterung des DVD-Formates mit neuer Verwaltung der Video- und Audiocodecs.

Type 2: mehr Flexibilität durch das Advanced Content – Möglichkeit Informationen aus dem Internet einem Netzwerk oder einer Festplatte zu beziehen

Type 3: Kombination aus Type 1 und Type 2

2.2 Von Mono zur Stereophonie²¹

Der Vorteil von Stereo gegenüber Mono war kaum zu überhören und die neue Wiedergabeart wurde schon bald als Standard anerkannt. Aufgrund der Beliebtheit und der Bekanntheit von Stereo hat sich der Begriff Zweikanal-Stereo bald erübrigt.

Ab den 70er Jahren versuchte man für das Fernsehen das zu ermöglichen, was für den Rundfunk schon zwischen 1950 und 1960 gelang, nämlich die stereofone Übertragung. Weil die Entwicklung aber nicht schnell genug vonstatten ging, behalf man sich damit, über den Rundfunk in Stereo zu senden. So wurde das Fernsehsignal zwar noch immer in Mono gesendet, jedoch schickte man den Stereoton schlicht und einfach über eine normale Radiofrequenz.

²⁰ http://de.wikipedia.org/wiki/HD_DVD, 30.06.06, 14:00

²¹ Wolfgang Schiffner: Lexikon Tontechnik, Verlag Bärenreiter, Kassel, 1995, S. 107
Trennung der Schallübertragung in mehrere (meist zwei) Übertragungswege, angelehnt an die physiologischen Gegebenheiten des räumlichen Hörens.

2.3 *Mehrkanal-Stereofonie*

Der Begriff setzt sich aus den zwei griechischen Wörtern stereo (=körperlich, plastisch) und phonos (=Ton, Stimme, Klang) zusammen. Fälschlicherweise versteht man unter dem Begriff Stereo ausschließlich die Wiedergabe über 2 Audiokanäle. In Wirklichkeit kann die Wiedergabe aber auch mit Vierkanal-, Sechskanal- oder Mehrkanal-Stereo erfolgen, also ist der Begriff unabhängig von der Anzahl der Übertragungskanäle.

Doch auch nach dieser Erneuerung des Klangerlebnisses macht der Fortschritt nicht Halt, und man tüftelte schon an einer neuen, besseren Schallwiedergabe. Ab 1970 war es dann soweit, als man versuchte, das Zweikanal-Stereoprinzip zu verdoppeln und das räumliche Hören durch ein hinteres Setup zu verbessern. Die Idee dahinter war, die vier einzelnen Boxen mit vier diskreten Audiosignalen zu versorgen, aber dieses Prinzip war nur mit dem Tonband zu realisieren. Da diese Art von Quadrofonie nur schwer durchzuführen war, bemühte man sich, die zwei rückwärtigen Kanäle in das Zweikanalsignal zu integrieren. Doch der Erfolg blieb leider aus und so brachte die Inkompatibilität dieser einzelnen Entwicklungen, trotz guter Klangergebnisse, das Ende der Quadrofonie.

Anders reagierte das Kino auf diese Entwicklung, denn hier versuchte man dem Zuseher/Zuhörer ein möglichst atemberaubendes Erlebnis zu verschaffen. Dem Publikum sollte ein möglichst realer Sound vermittelt werden. Dies gelang mittels mehrerer diskreter Audiosignale. Da das Medium Film von der Entwicklung im Heimbereich unabhängig war, war es bereits in den 50er Jahren soweit, die Mehrkanalwiedergabe im Kino kommerziell zu betreiben. Zusätzlich zu dem Format von Cinerama (drei Bildprojektoren, fünf Front- und zwei Surround-Kanäle) war noch ein Center von Nöten, weil es sonst dem Besucher schwer fiel, die Signale zu orten und dem Bild zuzuweisen.

1955 wurde ein Widescreenformat auf 70mm Film mit fünf Frontkanälen und einem Effektkanal als Kooperation von Cinerama und Cinescope (drei Frontkanäle und ein Effektkanal) eingeführt. Aber erst 1970 wurde aus dem Effektkanal ein Surround-Kanal.

Dolby griff dieses Prinzip auf und entwickelte das 5.1 Format, welches George Lukas optimierte und daraus das THX-Verfahren, einen der besten Audiostandards, kreierte.

Ein großer Nachteil des 70mm Films war, dass die Produktion zu teuer war und so entwickelten wiederum Dolby Laboratories das Dolby-Stereo Format für den 35mm Film in den 70er Jahren. Durch Matrizieren der zwei Lichtspuren erhielt man nun auch das Center- und Surround-Signal, dessen Qualität man mit diversen Steuertechniken verbessern konnte. Auch der Heimbereich profitierte von dieser Entwicklung und so konnte man erstmals 1980 mit einem Videorecorder Surround-Sound durch Dolby Surround und Pro Logic zu Hause genießen. Einige Änderungen, wie beschränkter Surround-Sound, mussten dennoch vorgenommen werden, bevor dieses System den Heimbereich erobern konnte.

In den frühen 90er Jahren griff die Digitalisierung auch auf den Mehrkanalstereobereich über und so entwickelte Dolby ein weiteres Format, das digitale 6.1 System. Speziell die Idee, das neue Tonformat im Lichtton zu speichern, musste man den kreativen Geistern von Dolby zu Gute halten. Die Kanäle Links, Mitte, Rechts sowie zwei Surround-Kanäle und ein Effektkanal wurde zwischen den Perforationslöchern im Film untergebracht.

2.4 Optimaler Hörraum

Sowohl im professionellen Studio als auch zu Hause möchte man die besten Bedingungen schaffen, um ein möglichst optimales Hören zu realisieren. Der Vorteil des Studios ist, dass von Bau an darauf geachtet wurde, alle Bedingungen für ein hervorragendes Klangverhältnis zu erfüllen, wovon man im Privatbereich nicht ausgehen kann. Mit diversen Materialien können jedoch im Nachhinein die Charakteristika des Raumes deutlich verbessert werden.

Folgende Eigenschaften charakterisieren einen optimalen Hörraum im Studio oder auch zu Hause.

	Studio	Heimbereich
Grundfläche	>40 m ²	>25 m ²
Raumvolumen	>300 m ³	
Nachhallzeit	0,2 – 0,4 s (zwischen 200 Hz und 2.5 kHz)	
Frühe Reflexionen	-10 dB zum Direktschall	
Nachhall	Keine Flatterechos, keine Klangfärbungen	
Grundgeräusch	10 dB (bzw. NR 10) ²²	

²² Birkner, S. 37: NR 10 entspricht der „Noise-Rating Kurve 10“ (63 Hz – 40 dB; 125 Hz – 30 dB; 250 Hz – 20 dB; > 1 kHz – 10 dB). Vgl.: ISO 1996 (1972): One-third octave band background noise level limits noise rating curves (NR)

2.5 *Kino- vs. Heimbereich*

Außer Zweifel steht, dass es nicht unbedingt Sinn macht, alle für das Kino entwickelten Formate für den Heimbereich zu adaptieren. Dies liegt vor allem daran, dass die eine Surround-Lösung einfach umzusetzen und kostengünstig ist, die andere wiederum schwer zu realisieren und teuer. Noch dazu sind die räumlichen Möglichkeiten zu Hause begrenzt und lassen daher oft nur einen kleinen Sweep-Spot ²³ zu. In diesem Fall ist es daher günstig den ITU-775 Empfehlungen Folge zu leisten und die fünf Lautsprecher bei einem 5.1 System kreisförmig anzuordnen. Ausgehend von den bereits entwickelten Mehrkanallösungen kann man sich aber sicher sein, dass noch so manches zukünftige Format den Weg auf und durch die Heimanlage finden wird.

Im Kino findet aufgrund der räumlichen Gegebenheiten eine große Anzahl von Besuchern Platz, die alle ein optimales Hörerlebnis erwarten. Deswegen wird die ITU-775 hier nicht angewendet. Der Sweep-Spot muss also viel weiter ausgedehnt werden, um für jeden Besucher annähernd gleichen Umstände zu garantieren. Vor allem wegen der großen Leinwände müssen, meist hinter der Leinwand, mehrere Frontlautsprecher angebracht werden. Ganz wichtig ist hier die Ortung der Schallquelle, denn auch ein Zuseher der weiter links sitzt muss die Signale, die aus der Mitte kommen, so wahrnehmen können. Das Gleiche gilt natürlich auch für die Surround-Kanäle, die deswegen auch seitlich verteilt angeordnet sind, um den Hörbereich weiter zu vergrößern.

Der Subwoofer befindet sich meist vorne an der Rückseite der Leinwand zwischen den Frontlautsprechern.

²³ Bereich des optimalen Hörens; Position, auf den die Lautsprecher ausgerichtet sind. Im Kino muss der Bereich sehr groß sein, damit die Signale aus jedem Kanal gut hörbar sind.

Im Heimbereich reicht es, dass der Sweep-Spot nur einige Meter groß ist, da in dem Fall viel weniger Zuhörer/Zuseher bedient werden müssen.

Natürlich muss auch das Equipment entsprechend angepasst werden, deshalb erfordern größere Säle eine leistungsfähigere Ausrüstung. Dies betrifft sowohl die Lautsprecher als auch die Verstärker.

Weiters wird im Kino oft mit schallreflektierenden und -absorbierenden Materialien gearbeitet, um die Audiowiedergabe weiter zu optimieren. Wichtig ist, verzerrende Reflexionen zu vermeiden.

3 Mehrkanaltonwiedergabeformate und Codierformate

Man unterscheidet:

„Mehrkanal-Wiedergabeformate als Ergebnis spezieller Schall-Aufnahme- und Wiedergabetechnologien...“

und

„Codier- und Übertragungsformate zur Aufzeichnung, Übertragung und Verbindung von Mehrkanalsignalen bei unterschiedlichen Medien“²⁴

Um die bestehenden Formate zusammenzufassen und einen Anhaltspunkt zu schaffen, hat das SSF (Surround-Sound-Forum) 1996 eine interdisziplinäre und überregionale Arbeitsgemeinschaft gegründet. Ziel dieser Gemeinschaft ist es, die Entwicklung der Mehrkanaltechnologie und die daraus entstehende praktische Umsetzung zu koordinieren. Von dieser Vereinigung wird mit dem Dokument SSF_01_1_2002_v2.PDF auch eine Empfehlung für die Praxis herausgegeben und eine weitere Verbesserung angestrebt.

„...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.“²⁵

²⁴ http://www.tonmeister.de/foren/surround/texte/SSF_01_1_2002_v2.PDF, S. 20, 22.06.06, 10:00

²⁵ http://www.tonmeister.de/foren/surround/texte/SSF_01_1_2002_v2.PDF, S. 12, 27.06.06, 9:30

Code für Wiedergabeformate

System	Signale/Kanäle	Code
Ein-Kanal (Mono) System	M	1/0
Zwei-Kanal-Stereo	L/R	2/0
Zwei-Kanal-Stereo plus 1 Surround	L/R//MS	2/1
Zwei-Kanal-Stereo plus 2 Surround	L/R//LS/RS	2/2
Drei-Kanal-Stereo	L/C/R	3/0
Drei-Kanal-Stereo plus 1 Surround	L/C/R//MS	3/1
Drei-Kanal-Stereo plus 2 Surround	L/C/R//LS/RS	3/2
Drei-Kanal-Stereo plus 2 Surround + 1 Effektkanal	L/C/R//LS/RS plus LFE	3/2/1
Fünf-Kanal-Stereo plus 2 Surround	L/LC/C/RC/R//LS/RS	5/2
Fünf-Kanal-Stereo plus 2 Surround + 1 Effektkanal	L/LC/C/RC/R//LS/RS plus LFE	5/2/1
Fünf-Kanal-Stereo plus 4 Surround	L/LC/C/RC/R//LS1/RS2 /LS2/RS2	5/4

Tab. 1: Hierarchie der Wiedergabeformate

3.1 4 Kanäle

3.1.1 Quadrofonie

Das Format wird zwar heute nicht mehr verwendet, dennoch wird auf dieses Verfahren kurz eingegangen, weil es als erstes Mehrkanaltonformat angesehen wird.

Aufgenommen wurde vor allem via Tonband oder 8-Spur-Kassette.

Gut aber bedeutungslos

Ziel der Quadrofonie war es die Wiedergabe realistischer zu gestalten. Dies wurde mittels Ansteuerung von vier diskreten Kanälen (4:4:4 System) ermöglicht, was zu einer wahren Verbesserung des Raumklanges führte. Der große Nachteil dieser Methode war jedoch, dass man sich auf keinen Standard einigen konnte und so auch keine Medien für dieses System optimiert wurden. Aufgrund dieser Tatsache verschwand diese Art von Mehrkanalton in der Bedeutungslosigkeit.²⁶

Das 4-2-4 System berücksichtigte mit Hilfe spezieller Algorithmen die Phasenunterschiede, welche dann in zwei Kanäle codiert und bei der Wiedergabe decodiert wurden. Zusätzlich zu den Lautsprechern wurde jedoch auch ein Decoder für die Wiedergabe benötigt. Nachteilig wirkten sich Phantomschallquellen aus, die durch schlechte Kanaltrennung und durch undefinierte Kanäle entstanden.²⁷

Es wurde auch eine Technik entwickelt, welche die Wiedergabe von vier Lautsprechern simulierte. Beim Abspielen von Tonmaterial wurde ein Stereosignal über vier Lautsprecher wiedergegeben.²⁸

Die Anordnung der vier Lautsprecher erfolgt im Winkel von 90°. Genau in der Mitte der Boxen befindet sich der Sweep-Spot. Es gibt aber noch eine andere Art

²⁶ vgl.: Birkner S. 51

²⁷ vgl.: <http://de.wikipedia.org/wiki/Quadrofonie>, 27.06.06, 8:30

²⁸ vgl.: <http://de.wikipedia.org/wiki/Quadrofonie#Pseudoquadrofonie> 27.06.06, 8:45

als die der oben erwähnten diskreten Ansteuerung, bei der wirklich vier Kanäle übertragen werden, nämlich durch eine Matrix. Bei der Matrizierung werden die beiden hinteren Kanäle in den Frontkanälen codiert.²⁹



Abb. 1: Anordnung der Lautsprecher

3.1.2 Dolby Surround

Dieses analoge Verfahren, das von Dolby 1982 zunächst für den privaten Gebrauch entwickelt und verkauft wurde, versprach einen deutlich besseren Raumklang. Heute ist dieses Mehrkanaltonverfahren das am weitesten verbreitete Verfahren im Heimkinobereich. Die Übertragung kann durch viele verschiedene Medien, von Fernsehen über Radio bis hin zu Musikkassetten erfolgen. Dolby Surround ist abwärtskompatibel, dieses Format kann also auch in Stereo abgespielt werden, falls der Benutzer nicht über die entsprechende Ausrüstung verfügt.³⁰

Dolby Surround speichert die Signale der vier Tonkanäle durch Matrizierung auf der linken und rechten Spur des Stereosignals. Es bietet durch die automatische Balancekontrolle eine Fehlerkorrektur und ist durch den Surround-Kanal auch in der Lage Surround-Effekte wiederzugeben.³¹

Neben dem vorhandenen Zweikanalsignal werden ein Center und ein rückwärtiger Surround-Kanal codiert und in das Zweikanal-Stereosignal integriert. Der Surround-Kanal, der auf eine Frequenz von 100 Hz bis 7 kHz limitiert ist und um 3 dB abgesenkt wird, wird bei der Wiedergabe etwas verzögert, um den Bereich des Sweep-Spots zu vergrößern. Dieser Kanal kann auch über zwei Lautsprecher

²⁹ vgl.: Birkner S. 51

³⁰ vgl. Birnker S, 52

³¹ vgl. <http://www.dolby.de/consumer/technology/surround.html>, 15.06.06, 10:00

wiedergegeben werden, was zu einem noch besseren Ergebnis führt. Das Centersignal wird bei diesem Verfahren im selben Verhältnis auf die Kanäle L und R aufgeteilt und bildet dadurch eine Phantomschallquelle frontal vor dem Zuhörer. Weil von den vier Übertragungskanälen zwei durch eine Matrix berechnet werden, nennt man dieses Format auch 4:2:4 Codierformat.³²

Aus diesem Grund ergeben sich folgende Kanäle: Front links, Center, Front rechts und Surround.

3.1.3 Pro Logic I

Mit dem Einsatz eines Decoders, der die Pegelverhältnisse anpasst, entstand das Dolby Surround Pro Logic Verfahren. Die Decodiertechnologie, die extra für Heimkino entwickelt wurde, rekonstruiert aus dem Stereosignal die einzelnen Kanäle. Geräte, die nur Stereo wiedergeben, können durch die Abwärtskompatibilität auch das normale Zweikanal-Stereoprogramm abspielen.³³

Vorteile die durch den Einsatz von Pro Logic ermöglicht wurden:

- Surround-Sound aus codierten Stereo-Quellen
- Verbesserte Ortung
- Qualitativ hochwertigere Dialogwiedergabe bei Filmvorführungen
- Rückwärtiger Surround-Sound³⁴

Die Audioprozessoren, die Dolby entwickelt hat, werden noch immer für die Übertragung von Raumklang in Stereosignalen von analogen Fernsehsendern verwendet.

³² vgl. Birkner, S. 141

³³ vgl. <http://www.dolby.de/consumer/technology/surround.html>, 15.06.06, 09:00

³⁴ vgl. <http://www.dolby.de/consumer/technology/surround.html>, 15.06.06. 10:00

3.2 5 Kanäle

3.2.1 3/2 Format

Das 3/2 Format ist das gängigste und wichtigste Format bei der Wiedergabe von Surround-Sound. Es gilt als Standard in der ITU 775 und ist ein idealer Lösungsweg für guten Raumklang und leistbares Equipment.³⁵

Es besteht aus den drei Frontkanälen L, C und R und zwei Surround-Kanälen LS und RS.

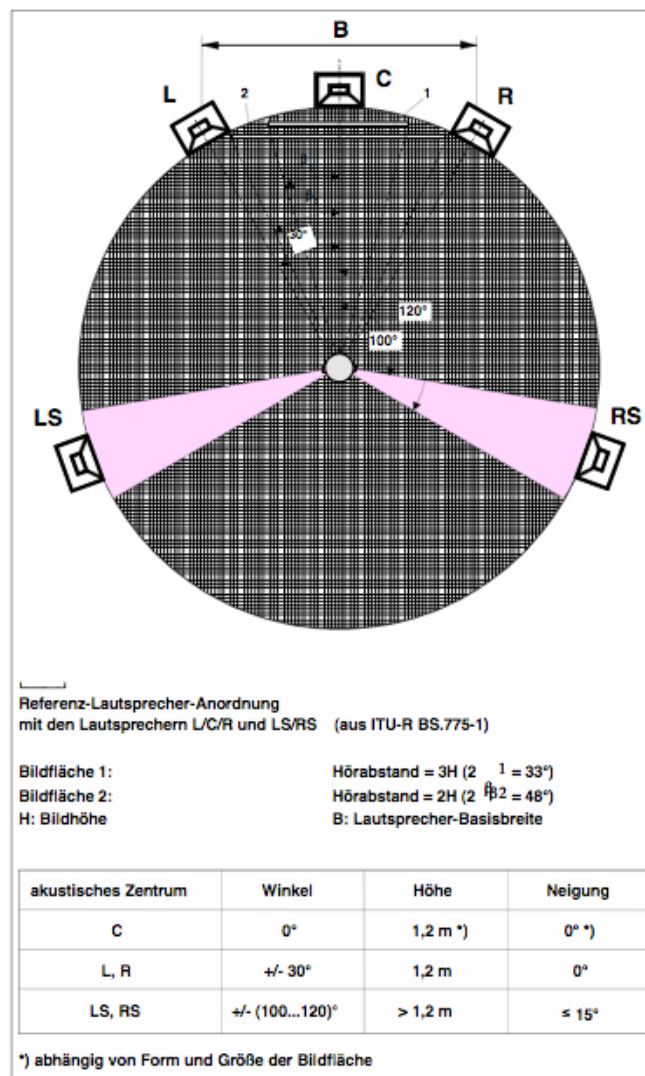


Abb. 2: Lautsprecheranordnung in Kombination mit Bildwiedergabeeinrichtung

³⁵ Birkner, S. 53

Durch diese Anordnung erzielt man einen optimalen Raumklang mit guter Ortung der Geräusche. Die Anordnung der Lautsprecher ist eine Empfehlung der ITU-R BS.775-1 (Internationale Fernmeldeunion)³⁶ sowie der SMPTE³⁷.

Da eine Phantomschallquelle den Centerlautsprecher simulieren könnte, wäre der Centerkanal, der eigentlich für die Sprachverständlichkeit im Kino eingesetzt wurde, vernachlässigbar. Den Vorteil, dass er eine bessere Musikwiedergabe ermöglicht, kann man aber nicht von der Hand weisen.

3.2.2 Pro Logic II

Mit Hilfe dieser Technologie wurden aus zweikanaligen Audiosignalen fünf Surround-Sound Kanäle mit vollem Frequenzumfang codiert. Die Informationen in den Stereo-Signalen werden so verarbeitet, dass ein realistisches und natürliches Klangbild entsteht. Dieses Verfahren harmoniert auch mit den Dolby Headphone- und Dolby Virtual Speaker-Prozessoren.³⁸

Anhand dieser Eigenschaften haben sich bestimmte Vorteile herauskristallisiert.

- Kompatibel mit qualitativ hochwertigen Zwei-Kanal-Musikquellen wie CDs, Kassetten und MP3-Dateien.
- Mehrere Betriebsarten ermöglichen die Feineinstellung des Surround Sounds.
- Funktioniert mit Dolby Headphone und Dolby Virtual Speaker und ermöglicht so die Surround-Wiedergabe über zwei Lautsprecher oder einen beliebigen Kopfhörer.³⁹

³⁶ International Telecommunications Union

³⁷ Society of Motion Picture and Television Engineers

³⁸ vgl. http://www.dolby.de/consumer/technology/prologic_II.html, 15.06.06, 12:00

³⁹ http://www.dolby.de/consumer/technology/prologic_II.html

Die Unterschiede zwischen Dolby Pro Logic und Pro Logic II soll durch folgende Tabelle veranschaulicht werden.

Merkmale	Pro Logic	Pro Logic II
Programme	In Dolby Surround aufgenommene Sound Tracks	In Dolby Surround aufgenommene Sound Tracks, Musikaufnahmen in Stereo
Quellen	Videorecorder, Laserplattenspieler, Sat-Receiver, Video-CD, TV-Sendungen	Videorecorder, Laserplattenspieler, Sat-Receiver, CD-Player, Plattenspieler, Rundfunkempfänger, MiniDisc-Recorder, Tonbandgerät, Video-CD, TV-Sendungen
Ausgangsmodi	3/1 Surround 2/1 (Phantom Mode) 3/0 (3Stereo)	3/2 Surround 2/2 (Phantom Mode) 3/0 (3Stereo) 3/1: Pro Logic Emulation
Übertragungsbereich: Surroundkanäle	100Hz - 7kHz	Voller Frequenzgang
Panorama Mode	-	●
Dimension Control	-	●
Center Width Control	-	●

Tab. 2: Merkmale von Pro Logic I und Pro Logic II

3.3 5.1 Kanäle

Das 5.1 Format ist ein um einen LFE-Kanal⁴⁰ erweitertes 3/2 Format mit fünf Kanälen. Der Tiefbasskanal dient dazu, die Anteile der tiefen Frequenzen zu spielen, wenn dies einen noch realistischeren Eindruck hinterlassen soll. „Wegen der geringen Frequenzbandbreite wird die Formatergänzung mit „0.1“ bzw. „/1“ bezeichnet.“⁴¹ Tiefe Frequenzen kann man schlecht orten und da der LFE im Bereich von 20 bis 120 Hz arbeitet, lässt die ITU die Platzierung des Subwoofers offen. Der LFE wird also über einen separaten Kanal mittels eines Übertragungs- oder Aufzeichnungssystems übertragen, im Unterschied zu einer separaten Abstrahlung des tieffrequenten Programminhaltes, welche über einen Subwoofer⁴² erfolgt.⁴³

⁴⁰ LFE: Low Frequency Effect, Low Frequency Extension od. Low Frequency Enhancement

⁴¹ http://www.tonmeister.de/foren/surround/texte/SSF_01_1_2002_v2.PDF, S. 13, 15.06.06, 13:00

⁴² Bassumleitung

⁴³ vgl. http://www.tonmeister.de/foren/surround/texte/SSF_01_1_2002_v2.PDF, S. 13, 15.06.06, 13:15

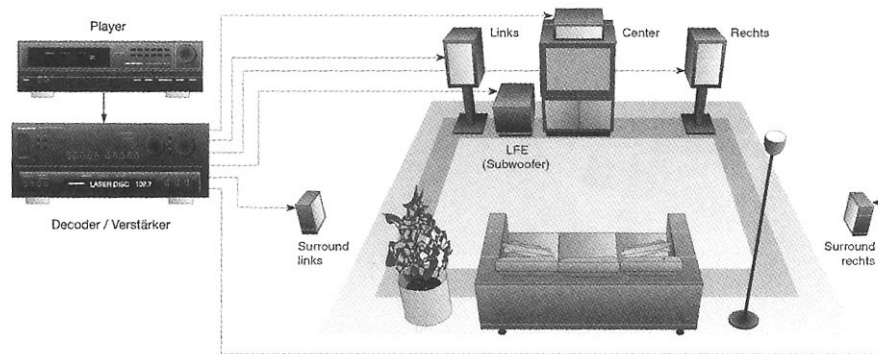


Abb. 3: Wiedergabe im Heimbereich

Anders erfolgt jedoch die Aufteilung des 5.1 Systems im Kino. Hier werden, um einen größeren Hörbereich zu gewährleisten, die Surround-Kanäle erst durch einen Dekorrelationsprozessor geleitet und dann auf mehrere Lautsprecher aufgeteilt. Der Subwoofer wird, auch aufgrund seiner Größe, meist hinter der Leinwand platziert. Die Wiedergabe des LFE ist im Kino um ca. 10 dB höher als die restlichen Wiedergabekanäle.

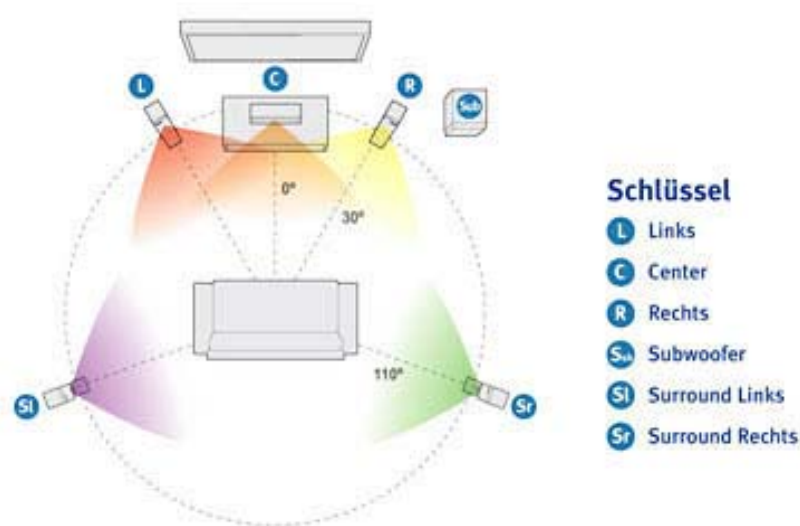


Abb. 4: Anordnung im Heimbereich

3.3.1 Dolby Digital

Das von Dolby entwickelte Audio Coding 3 (AC3) Format gilt als 6:6:6 Format und erlaubt Sampleraten von bis zu 48 kHz bei 20 Bit. Es unterstützt eine Wiedergabe von fünf Kanälen und einen optionalen LFE-Kanal, der wie erwähnt auf höchstens 120 Hz kommt. Ein Kompressionsverhältnis von 10:1 führt zu einer Datenrate von 384 bis 448 kBit/sec bei der Wiedergabe von fünf Kanälen. Der Frequenzumfang einer AC3 Codierung umfasst pro Kanal 3 Hz bis 20 kHz. Durch den größeren Dynamikumfang bietet Dolby Digital eine weitaus effektvollere Performance als es mit den analogen Systemen möglich war. Die Folge war eine verlustbehaftete datenreduzierte Kodierung für 3 Frontkanäle, 2 Surround-Kanäle und einen LFE-Kanal in einem Datenstrom. Zusätzliche Metadaten helfen dem Prozessor eine abwärtskompatible Stereowiedergabe zu berechnen.⁴⁴

Dolby Digital wurde für das Kino und für das Heimkino entwickelt und liefert Mono, Stereo oder bis zu 5.1 diskrete Audio-Signale. Ein entsprechender Encoder fasst danach die Signale zu einem digitalen Datenstrom zusammen. Diese Daten werden dann im Kino oder für die Heimanlage durch einen Decoder wieder den dafür zuständigen Kanälen zugewiesen. Die Ton- und Videoqualität haben Dolby Digital zum Standard von Video-DVD gemacht und einige Länder (z.B. USA und Korea) haben dieses Format als Audio-Standard für hochauflösendes Fernsehen (HDTV) festgelegt. Mittlerweile wird Dolby Digital im Fernsehen, bei Spielkonsolen und auch bei Computern eingesetzt.⁴⁵

Das Übertragungsformat AC3 hat mit dem Aufkommen der DVD immer mehr an Bedeutung gewonnen. Mittlerweile ist die AC3 Codierung das am weitesten verbreitete Codierformat für Mehrkanalaudio und muss von jedem DVD-Player abgespielt werden können. Falls die vorhandenen Geräte kein Abspielen von Mehrkanalton zulassen, muss das Signal auf ein diskretes Zweikanal-Stereosignal umgerechnet und abgespielt werden können.⁴⁶

⁴⁴ vgl. Birnker, S. 142

⁴⁵ vgl. http://www.dolby.de/consumer/technology/dolby_digital.html, 15.06.06, 08:00

⁴⁶ vgl. Birkner, S. 55

Weiters ist es das einzige Codierformat, das verfügbar ist, wenn man selbst eine DVD mittels entsprechender Software erstellt und diese codiert.

3.4 6.1 Kanäle

Das um einen rückwärtigen Center erweiterte 5.1 Format kann sowohl im Heimbereich als auch im Kino zum Einsatz kommen.

Unterstützt werden die 6.1 Kanäle von den Codierformaten DTS ES und Dolby EX, wobei Dolby EX den hinteren Center durch LS und RS gewinnt und so eine Kompatibilität zum 5.1 Format schafft. DTS steuert jedoch den hinteren Centerkanal diskret an.

Die Wiedergabe durch einen weiteren rückwärtigen Lautsprecher hat zur Folge, dass das hintere Klangbild und somit die Ortung für diesen Bereich deutlich davon profitiert und demnach höher ist als bei einem 5.1 oder 3/2 Format.

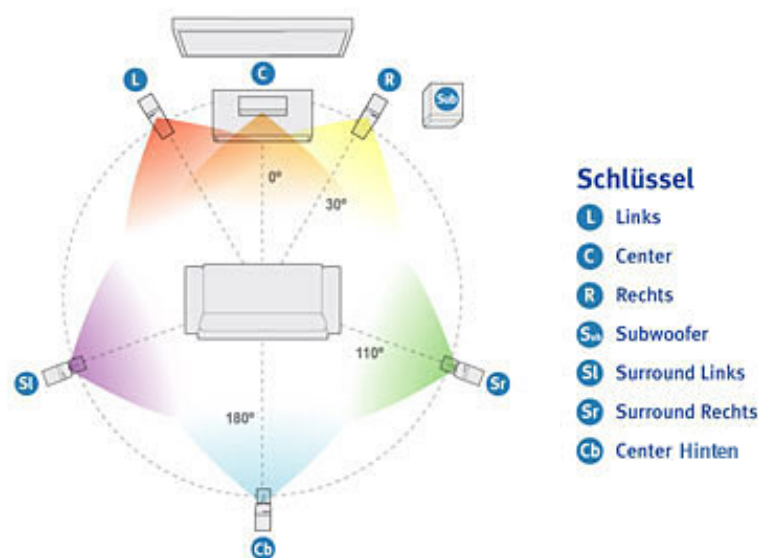


Abb. 5: Anordnung im Heimbereich

3.4.1 DTS⁴⁷

DTS unterstützt bis zu sieben Kanäle und findet vor allem in DTS Stereo, DTS 6 und DTS ES Anwendung. Der Codieralgorithmus erlaubt eine Datenrate von bis zu 1,5 MBit/sec, abhängig von der Datenkapazität, für 48 kHz und 16 Bit. DTS kann aber auch Daten in 96 kHz und 24 Bit für das Medium DVD codieren. Es wird neben dem „Core“-Strom ein zusätzlicher „Extension“-Strom verwendet, der die Daten der DTS-Erweiterung speichert.

Von 1/0 bis 3/3 kann DTS alle Formate inklusive eines LFE berechnen. Durch eine höhere Datenrate bei geringerer Kompression erzielt das Übertragungsformat auch eine bessere Wiedergabequalität.⁴⁸

Auch dieses Verfahren generiert komprimierte Audiodateien durch ein verlustbehaftetes Verfahren. Der Film wird auf ein oder zwei CD-ROMs gespeichert und wird durch einen Timecode, ähnlich den gängigen Barcodes⁴⁹, der sich zwischen der Lichttonspur und der Filmspur befindet, synchronisiert. Ein Abtaster liest den Timecode jedes einzelnen Bildes aus und stellt so, auch bei einem Filmriss oder anderen Komplikationen bei der Vorführung, den Ton passend zum Bild wieder dar. Ist der Timecode fehlerhaft, wird der Ton von einer zusätzlichen Absicherungsquelle übernommen und wiedergegeben; meist ist dies die Lichttonspur.⁵⁰

Dies bedeutet, dass DTS dem AC3 Codierformat aufgrund der oben genannten Vorteile vorzuziehen ist. Trotzdem darf DTS nur als zusätzliches Audioformat neben MPEG 3 und AC3 gespeichert werden.⁵¹

⁴⁷ Digital Theatre Systems

⁴⁸ vgl. Birkner S. 143

⁴⁹ Strichcode der mit einer Maschine gelesen werden kann.

⁵⁰ vgl. http://de.wikipedia.org/wiki/Digital_Theater_Systems, 27.06.06, 13:00

⁵¹ vgl. Birkner, S. 144

3.4.2 DTS-EX

Zusätzlich zu den drei Frontkanälen, den zwei Rearkanälen und dem LFE-Kanal kommt noch ein hinterer Center hinzu, der an der Rückwand des Kinos montiert wird. Das Signal für die rückwärtige Mitte wird in der LS und RS Spur übertragen und durch einen Decoder gewonnen. Auch hier wurde darauf geachtet, dass eine Abwärtskompatibilität für das Dolby 5.1 Format zur Verfügung steht.⁵²

Da die Lokalisationsfähigkeit von akustischen Signalen an der Rückseite des Kopfes nicht sehr ausgeprägt ist, ist die Erweiterung um einen hinteren Center nicht ganz unumstritten. Jedoch ist dieser Anordnung trotzdem zu Gute zu halten, dass die Ortung höher ist als bei einem 5.1 oder 3/2 Aufbau.⁵³

3.4.3 Pro Logic IIx

Durch die weiterentwickelte Dolby-Technologie der Matrizierung kann das Audioerlebnis noch weiter ausgebaut werden und so klangvollere Kinoatmosphäre mit nahtloseren Übergängen zu Hause genossen werden. Aber nicht nur für den Einsatz zu Hause ist Pro Logic II geeignet, es wird auch für die Wiedergabe mit dem PC, für mobile Geräte und für Kopfhörer verwendet. Auch die Formate 6.1 und 7.1 werden unterstützt und durch die Codierung von 2.0, 5.1 und Dolby Digital Surround EX Materialien ermöglicht.

Die verschiedenen Abspielmodi für Film und Musik optimieren die Tonwiedergabe weiter und bieten zusätzlich drei verschiedene Einstellmöglichkeiten für das Abspielen von Musik. Der „Panorama“ Modus verbessert den Raumklang, „Center Width Control“ verändert die Anordnung von Gesang oder Soloinstrumenten auf die vorderen Kanäle L, C und R und die Einstellung „Dimension Control“ beeinflusst den Bereich des Surround-Sounds.⁵⁴

⁵² vgl. http://de.wikipedia.org/wiki/Dolby_Digital_EX, 28.06.06, 14:40

⁵³ Birnker, S. 56

⁵⁴ vgl. http://www.dolby.de/consumer/technology/prologic_IIx.html, 10.06.06, 10:00

3.5 7.1 Kanäle

Die sieben Kanäle werden in zwei verschiedene Erweiterungen eingeteilt.

3.5.1 3/4/1 Format

Dieses Format ist eine Weiterentwicklung des 5.1 Formates. Die Anordnung wird hierbei um zwei seitliche Surround-Kanäle erweitert. Durch die zusätzlichen Lautsprecher, die bei $\pm 60^\circ$ aufgestellt werden, verschieben sich die RS und LS Boxen auf $\pm 150^\circ$.⁵⁵

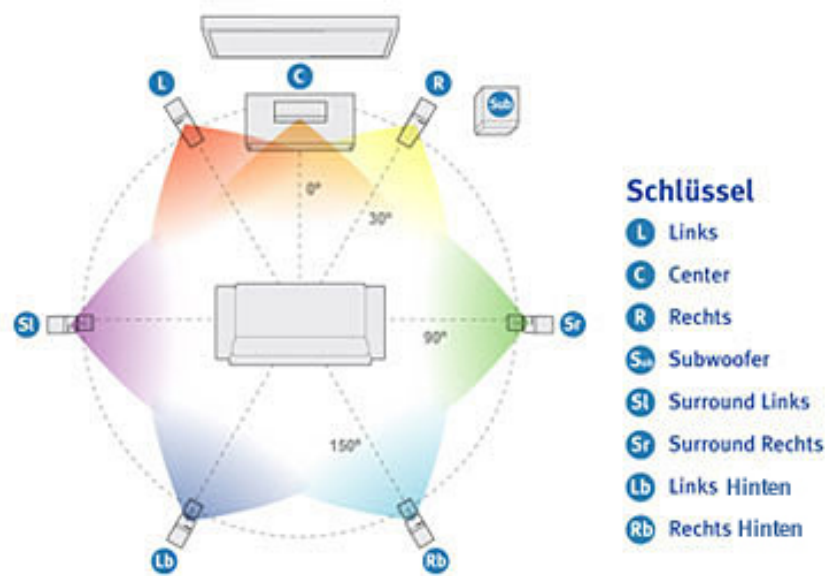


Abb. 6: Anordnung im Heimbereich

Diese Veränderung führt zu einer besseren Ortung der Schallquellen und vermittelt außerdem einen besseren Raumklang bei Effekten. Der Nachteil ist allerdings der durch die zusätzlichen Kanäle entstehende Aufwand für den Aufbau des Mehrkanalsystems sowie die hohen Anschaffungskosten.

Übertragungsformate die bis zu acht Kanäle codieren können, sind MPEG-2-Audio und PCM-Audio. Die Informationen für die Übertragung mit 8 Kanälen können auf einer DVD gespeichert und wiedergegeben werden.

⁵⁵ vgl. Birnker, S. 57

3.5.2 5/2/1 Format

Aufgrund der im Kino vorhandenen breiten Leinwand kommt es zu teilweise fehlender Ortung; dem wird mit zwei zusätzlichen Frontkanälen entgegengewirkt. Dieses Format, das nur im Kino eingesetzt wird, verbessert durch den Einsatz von LC (= left center) und RC (=right center) die Lokalisation von Signalen enorm. Weiters werden die Kanäle LS und RS dekorreliert und durch mehrere Lautsprecher wiedergegeben. Das am weitesten verbreitete Codierformat bei 7 Kanälen ist SDDS.

3.5.3 SDDS

Das von Sony entwickelte Audioformat SDDS wird neben den Perforationslöchern eines 35mm Films parallel zum Bild gespeichert. Die acht diskreten Kanäle sorgen im Kino für hervorragenden digitalen Sound. Die fünf, diskret angesteuerten, vorderen Lautsprecher und die zwei hinteren Surround-Lautsprecher ergeben mit dem Subwoofer ein homogenes und ausgewogenes Klangbild. Zugleich wird auch der Sweep-Spot durch die breite Front verbessert, so dass die „Löcher“ im vorderen Klangfeld gestopft werden.⁵⁶

3.6 Weitere Mehrkanaltonformate

Neben den gängigen Systemen werden selbstverständlich auch andere Formate in die Praxis umgesetzt, diese haben aber einen eher experimentellen Charakter. Es bleibt natürlich jedem mehr oder weniger selbst überlassen, wie er sich seine Mehrkanaltonübertragung einrichtet und anordnet, aber der Aufwand dafür ist sehr groß. Interessant ist hier vor allem die Entwicklung und Wiedergabe der dritten Dimension.

⁵⁶ vgl. <http://www.sdds.com> - What is SDDS und – The 8 Channel Advantage, 28.06.06, 15:30

3.6.1 Dolby Headphone

Dieses Konzept hat es ermöglicht, durch exakte, digitale Signalverarbeitung ein realistisches 5.1 Klangbild mittels eines beliebigen Kopfhörers wiederzugeben.

„Dolby Headphone ahmt dazu die natürlichen Schallanteile nach, die das menschliche Ohr in einem Raum mit präzise angeordneten 5.1-Lautsprechern wahrnimmt.“⁵⁷

Um das Klangerlebnis weiter zu verbessern, kann ein Dolby Pro Logic II Decoder verwendet werden. Dolby Headphone verarbeitet Tonmaterial mit 24 bit/96 kHz von Audio-DVDs mit MLP Lossless.

3.6.2 Dolby Virtual Speaker

Es gestaltet sich oft sehr schwierig für private Benutzer einen geeigneten Raum für so viele Lautsprecher zu finden. Vor allem die Lautsprecher hinter dem Zuhörer sind oft schwer unterzubringen, da ja ein gewisser Abstand zwischen Boxen und Hörer benötigt wird, damit sich der Ton richtig ausbreiten kann. Dolby hat mit der Virtual Speaker Technologie versucht, diesem Problem ein Ende zu bereiten.

Dieses Verfahren ermöglicht durch die digitale Signalverarbeitung die Wiedergabe eines 5.1 Systems über 2 Lautsprecher. Die Technologie analysiert und verarbeitet Schallsignaturen mit Übersprechungs-dämpfungs- und Raummodellierungstechniken so, dass ein 5.1 Surround-Sound ermöglicht wird. Eine Dolby Pro Logic II Decodierung verbessert das Abspielen von Stereoprogrammen nochmals enorm.⁵⁸

⁵⁷ <http://www.dolby.de/consumer/technology/headphone.html>, 29.06.06, 12:40

⁵⁸ vgl. http://www.dolby.de/consumer/technology/virtual_speaker.html, 29.06.06, 13:00

3.6.3 9.1 Format

Natürlich macht die Entwicklung nach der Einführung des 7.1 Formates nicht Halt und so war die 9.1 Anordnung nur eine Frage der Zeit. Die fünf Frontkanäle L, LC, C, RC und R sowie die seitlichen Kanäle SSL, SSR und die hinteren Surround-Kanäle SRL und SRR sind aufgrund des komplizierten Setups deshalb meist nur im Kino zu finden. Dennoch bietet diese Anordnung den großen Vorteil, dass die einzelnen Kanäle nicht mehr dekorreliert werden müssen und nun diskrete Signale abspielen können. Zur Datensicherung werden Speichermedien mit acht Kanälen und zwei matrizierten Kanälen verwendet.⁵⁹

3.6.4 10.1 Format

Wird die 9.1 Anordnung um einen zusätzlichen hinteren Centerkanal erweitert, erhält man ein 10.1 Format. Aufgrund der schlechten Ortung kann man den Sinn eines rückwärtigen Centers aber wiederum in Frage stellen.

3.6.5 10.2 Format

Das Ziel, die dritte Dimension im Audibereich zu erschließen, verfolgt das von den THM Laboratories entwickelte 10.2 Format.

Ausgehend von einem 5/2 Setup wird der rückwärtige Center und die zwei Subwoofer im Winkel von $\pm 90^\circ$ seitlich der Hörposition platziert, was den Sweep-Point zwar einschränkt, aber auch gewisse Vorteile bringt. Die auffällige Neuheit an dieser Anordnung sind allerdings zwei Frontlautsprecher, die ca. 1 m über dem Center aufgestellt werden. Durch diese Formation ist es möglich Schallquellen der dritten Dimension wiederzugeben.⁶⁰

⁵⁹ vgl. Birnker, S. 60

⁶⁰ vgl. Birnker, S. 61

Die Frontkanäle können nun zwei Funktionen erfüllen.

a) diskrete Ansteuerung

Wenn die Kanäle diskret angesteuert werden, sollten die Boxen auf die Hörposition ausgerichtet sein.

b) Diffusschall

Werden die Kanäle dazu verwendet diffusen Schall wiederzugeben, so werden die Lautsprecher um $\pm 45^\circ$ nach außen gedreht und so von den Wänden reflektiert.

Aufgrund des großen Aufwandes ist dieses Format noch nicht relevant und wird eher selten zu finden sein.⁶¹

3.6.6 THX⁶²

Mit der Einführung von THX hat sich das Audioerlebnis deutlich verbessert.

Durch dieses Zertifikat wird garantiert, dass alle Produkte getestet werden und die THX Norm erfüllen. So kann dem Klangerlebnis nichts mehr im Wege stehen.

Kinobereich

Dass THX für das Kino entwickelt wurde, steht wohl außer Frage. Diese Norm ist dazu gedacht, Kinos mit optimalem Equipment auszustatten und den Zusehern dadurch ein besonderes Erlebnis zu bieten.

Heimkinobereich

Nachdem sich die Norm in der Kinobranche etabliert hatte, wollte man das natürlich auch in den eigenen vier Wänden umsetzen. THX stellt dafür aber die

⁶¹ vgl. Birkner, S. 62

⁶² Tomlinson Holman's Crossover

Produkte nicht selbst her, sondern gibt nur die Richtlinien vor, an die sich die Hersteller halten müssen, um ein Zertifikat zu bekommen.⁶³

Da ein Raum zu Hause völlig anders aufgebaut ist als ein Kino, sind natürlich verschiedene Änderungen nötig. Der Sound wird, nachdem er decodiert wurde, durch das Postprocessing so verändert, dass er sich dem kleinen Hörraum anpasst. Dass dafür verschiedenen Kriterien erfüllt sein müssen, versteht sich von selbst.

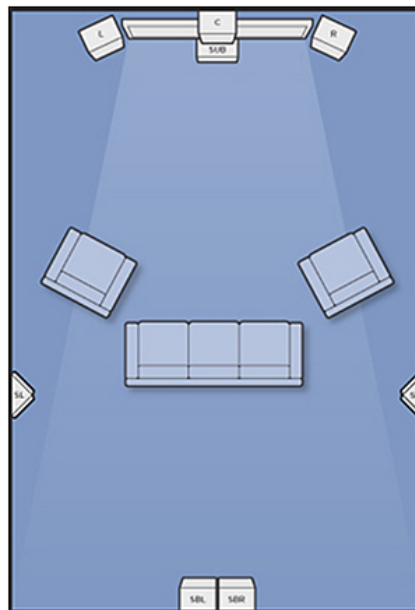


Abb. 7: 7.1 Anordnung der Lautsprecher

⁶³ vgl. <http://www.hifi-regler.de/thx/thx.php?SID=c85675ca1e22bc3c2d9a82c1063be859#thx-home>, 28.05.06, 10:00

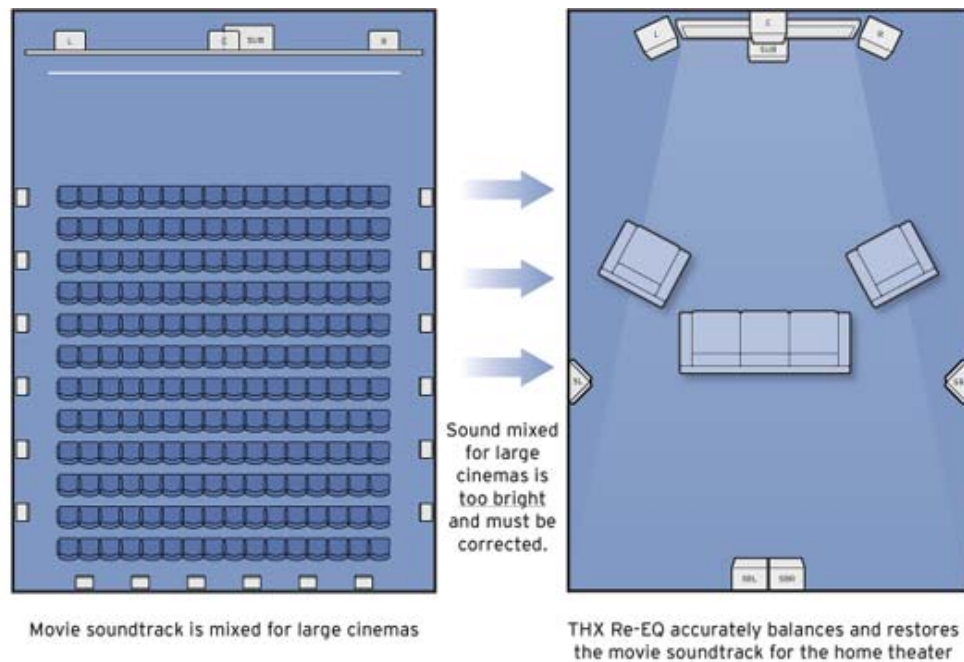


Abb. 8: Postprocessing bei THX

Neben THX wurde später auch noch THX Select entwickelt, um auch für kleine Hörräume eine gute Lösung zu finden. Um die beiden Formate besser unterscheiden zu können, wurde dann aus THX - THX Ultra.⁶⁴

Eigenschaften

Achtet man bei der THX Variante noch sehr streng auf die Eigenschaften der Lautsprecher, die einem bestimmten Frequenzgang entsprechen müssen, nimmt man das bei THX Select nicht mehr ganz so genau. So ergibt sich auch ein gewisser Kostenunterschied zwischen den beiden Techniken.

Dadurch, dass die Systeme für verschiedene Raumgrößen konzipiert wurden, unterscheiden sich natürlich auch die Produkte hinsichtlich der Leistung.

System	THX Ultra	THX Select
Front	Abstrahlwinkel und Frequenzgang streng limitiert	Abstrahlwinkel und Frequenzgang lockerer
Surround	Dipole Pflicht	Dipole empfohlen

⁶⁴ vgl. <http://www.hifi-regler.de/thx/thx.php?SID=c85675ca1e22bc3c2d9a82c1063be859#thx-select-thx-ultra>, 28.05.06, 11:00

Subwoofer	80 Hz	100 Hz
Schalldruck	Bis 105 dB	Bis 105 dB
Leistungsprofil	Mehr Ausgangsleistung, geringe Verzerrung u. geringes Grundrauschen	Weniger Leistung, kostengünstiger, entspricht genau den Anforderungen von Mehrkanalsoftware
Raumgröße	40 m ² bei 2,5 m Raumhöhe	30 m ² bei 2,5 m Raumhöhe
Setup	Komplizierter Aufbau für perfektes Klangbild	Einfacher und flexibler Aufbau

Tab. 3: Vergleich von THX Ultra und THX Select

THX Ultra II

THX Ultra II wurde eigens für das „Kino“ zu Hause entwickelt und hat alle Dolby und DTS Formate integriert. Darüber hinaus wird auch ein weiterentwickeltes Postprocessing verwendet, um die Klangwiedergabe zu verbessern und eine Funktion des Prozessors, die so genannte Boundary Gain Compension, greift ein, sobald der Bass zu laut wird.⁶⁵

Die Technik THX Ultra II unterscheidet zwei Modi:

Cinema mode

Die acht Kanäle des Dolby Digital EX Formates werden optimal angesteuert, da dieser Modus auf ein 7.1 System abgestimmt ist. Um die Einstellungen weiter zu präzisieren, kann man den Abstand der hinteren Kanäle SL und SR im Prozessor ändern.

Music mode

⁶⁵ vgl. <http://www.hifi-regler.de/thx/thx.php?SID=c85675ca1e22bc3c2d9a82c1063be859#thx-ultra-2>, 28.05.06, 12:00

Musik im Format DTS 96/24 in Dolby Digital 5.1 und DTS 5.1, wie sie auf DVDs zu finden sind, werden besonders gut wiedergegeben. Dabei verwendet der Prozessor die Anordnung des THX EX Systems und ändert die Wiedergabekonfiguration der Lautsprecher. Der linke seitliche Surround-Kanal wird mit dem hinteren Surround-Kanal zusammengelegt und der rechte Surround-Kanal mit dem rechten hinteren Surround-Kanal. Dadurch entsteht eine Phantomschallquelle, die eine genaue Musikkwiedergabe zulässt.

Codierformate

Entwickelt wurde das THX Surround EX Konzept in Zusammenarbeit von Dolby und THX Lucasfilm. Im Prinzip ist dieses Format eine 6.1 Codierung, die bei Nicht-THX Systemen Dolby Digital EX genannt wird. Auch hier wird der Surround Sound durch einen hinteren Center verstärkt. Möglich ist aber auch eine 7.1 Anordnung mit zwei hinteren Surround-Lautsprechern oder ein 5.1 Setup.⁶⁶

3.6.7 IMAX

Entstehung

Die IMAX Corporation wurde 1967 mit dem Ziel gegründet, das Kino zu revolutionieren. Die Firma entwickelte einen Projektor, der stark genug war, Bilder auf eine überdimensionale Leinwand zu bringen. Erstmals wurde solch ein Projektor 1970 bei der EXPO in Osaka vorgestellt.⁶⁷

Filmformat

Das 15/70 Format, bei dem sich 15 Perforationslöcher auf einem 70 mm Film befinden, ermöglicht ein 70 mm Bildformat. Da die Perforation horizontal zum Bild verläuft, wird auch der Film horizontal belichtet. Durch die enorme Größe der Leinwand, die normalerweise 20 x 27 m groß ist, fühlt man sich, als wäre man im

⁶⁶ vgl. <http://www.thx.com/mod/products/speakermodes.html>, 28.05.06, 12:30

⁶⁷ vgl. <http://de.wikipedia.org/wiki/IMAX#Geschichte>, 29.05.06, 10:00

Film. Der dafür verwendete Projektor hat einen Energieverbrauch von 15000 Watt. Die Leinwand bietet also einen idealen Blick auf das Geschehen, egal wo man sitzt.⁶⁸



Abb. 9: Formatunterschied zu anderen Filmformaten

IMAX bedient sich mittlerweile verschiedener Techniken:

IMAX 3D

Zwei dieser Projektoren werden verwendet, um ein dreidimensionales Bild zu erzeugen. Um die Zuseher glauben zu lassen, dass sich etwas aus der Leinwand bewegt, wird durch den linken Projektor horizontal polarisiertes Licht und durch den rechten Projektor vertikal polarisiertes Licht gestrahlt und durch eine so genannte 3D-Brille betrachtet. Diese Technik kann auch mit Shutter-Brillen umgesetzt werden. Die Projektoren geben abwechselnd Bilder für das linke und rechte Auge wieder und der mittels Infrarot gesteuerte Shutter entscheidet, für welches Auge welches Bild vorgesehen ist.⁶⁹

⁶⁸ vgl.

http://www.imax.com/ImaxWeb/imaxExperience.do?param_section=thecnoImaxFormat¶m_subMenuSelect=thecnoImaxSelect¶m_subLeftSelect=thecnoImaxFormatSelect, 29.05.06, 10:30

⁶⁹ vgl. http://de.wikipedia.org/wiki/IMAX#IMAX_3D, 29.05.06, 11:00

IMAX Dome

Bei diesem Verfahren breitet sich die Leinwand mit einer Fläche von ca. 1000m^2 vor den Zusehern aus. Durch die halbkugelförmige Projektionsfläche deckt diese horizontal 180° und vertikal 122° ab.⁷⁰

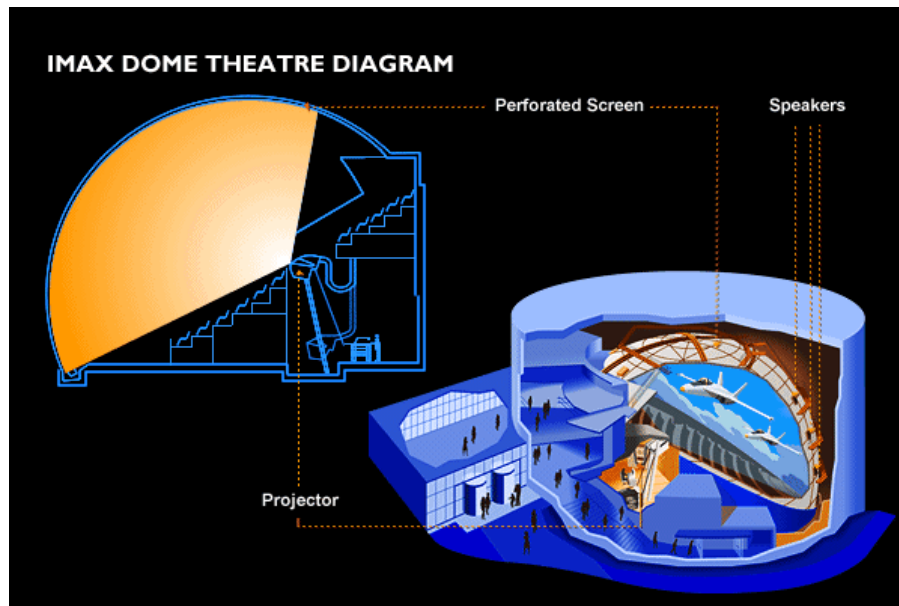


Abb. 10: Darstellung eines IMAX Dome

IMAX HD

Fälschlicherweise könnte man bei diesem Format glauben, dass sich die Auflösung zu anderen IMAX Wiedergabearten ändert. Richtig ist jedoch, dass sich nur die Wiedergabegeschwindigkeit ändert und so anstatt der 24 fps jetzt 48 fps abgespielt werden.⁷¹

MAGIC CARPET

Bei diesem Verfahren wird der Film mit zwei Kameras aufgenommen, wobei eine der Kameras nach vorne, die andere nach unten gerichtet ist. Bei der Wiedergabe

⁷⁰ vgl.

http://www.imax.com/ImaxWeb/theatres.do?param_section=imaxDome¶m_subMenuSelect=introSelect¶m_subLeftSelect=imaxDomeSelect, 29.05.06, 11:30

⁷¹ vgl. http://de.wikipedia.org/wiki/IMAX#IMAX_HD, 29.05.06, 12:00

spielt der nach vorne ausgerichtete Projektor das dementsprechende Filmmaterial ab. Das Neue ist aber der zweite Projektor, der sein Bild auf eine Leinwand am Boden unter den Sitzen projiziert und so ein einzigartiges und actionreiches Erlebnis beschert.

IMAX Sound

Das 6.1 System, das in den Kinos benutzt wird, ist in sechs Cluster eingeteilt, die hinter der Leinwand und hinter dem Publikum platziert sind. Die 44 Lautsprecher liefern mehr als 12000 Watt unkomprimierten Ton, um den Sound so realistisch wie möglich zu gestalten. Dieses Setup eignet sich hervorragend, um annähernd naturgetreue Tonwiedergabe zu gewährleisten. Der digitale Sound wird von einer DVD in einem Computer abgespielt, der die Wiedergabe via Projektor sowie die Tonwiedergabe kontrolliert.⁷²

3.6.8 Binaural Room Scanning

Das BRS ist eine um ein Head-Tracking-Device erweiterte Kunstkopfstereofonie. Dieses Verfahren kann nur mit speziellen Kopfhörern wiedergegeben werden. Ein Kopfhörer, der mit einem Head-Tracking-Device verbunden ist, reagiert auf Kopfbewegungen. Um solche Bewegungen verarbeiten zu können, zeichnet der Prozessor die Räume vorher virtuell auf. Voraussetzung dafür ist eine genaue Aufzeichnung der akustischen Eigenschaften des Raumes.⁷³

⁷² vgl.: <http://www.sciencemuseum.org.uk/imax/science-04.asp>; 23.06.06 10:00

⁷³ vgl. Birkner, S. 63

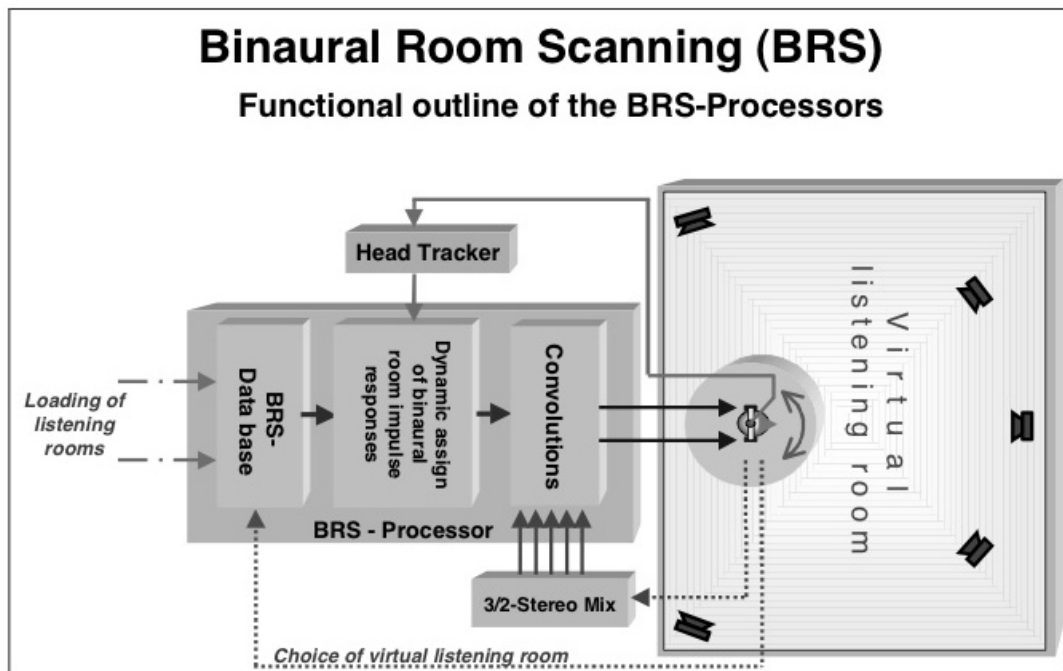


Abb. 11: schematische Ansicht eines BRS Prozessors

Die 30-40 Testpersonen die von BBC beauftragt wurden diese Technologie mit der von normalen Kopfhörern zu vergleichen waren überzeugt und zogen BRS vor.⁷⁴

„This new data-based Binaural Room Scanning technology allows to acoustically clone an existing listening situation with up to five loudspeakers.“⁷⁵

Der Vorteil dieses Systems ist das „authentische“ Wiedergeben von Sound. Alle Eigenschaften des Tonstudios, in dem der Sound produziert wurde, sogar die Parameter der verwendeten Lautsprecher, können mit diesem Verfahren exakt wiedergegeben werden. Darüber hinaus ist jede Person, die solche Kopfhörer trägt, logischerweise im Sweep-Spot.⁷⁶ Weiters kann diese Technik auch in einem Übertragungswagen genutzt werden, um eine optimale Mischung bei Live Veranstaltungen, wie zum Beispiel einem Konzert, zu gewährleisten.⁷⁷

Auch für Musikgenießer bietet diese Technik einen herausragenden Vorteil. Die Produktion kann durch BRS viel einfacher verschiedene Testumgebungen

⁷⁴ vgl. Philipp Mackensen, Auditive Localization. Head movements, an additional cue in Localization; S. 85

⁷⁵ Mackensen, S. 85

⁷⁶ Mackensen, S. 85

⁷⁷ vgl.: Birkner, S. 64

simulieren, indem sie einfach den gewünschten Raum oder zum Beispiel auch die Akustik eines Autos in den Prozessor lädt.⁷⁸

Auch im Heimkino kann dieses Wiedergabeverfahren angewandt werden und findet durch die genannten Vorteile auch bestimmt Anklang.⁷⁹

3.6.9 Wellenfrontsynthese⁸⁰

Im Englischen ist dieses Mehrkanalverfahren als Wave Field Synthesis bekannt. Es basiert auf dem Huyghenschen Prinzip und bildet den Schall virtuell nach. So wird es möglich, Schallquellen von jeder Position inner- und auch außerhalb des Raumes zu orton. Erreicht wird dies durch im Raum installierte Lautsprecherarrays. An der Entwicklung dieser Technik wird unter anderem auch am Fraunhofer-Institut⁸¹ gearbeitet.⁸²

WFS basiert auf der Beschreibung eines Raumklanges. Um die Eigenschaften eines Raumes zu codieren, muss man die Charakteristiken des Raumes aufzeichnen und auch alle Eigenschaften der Schallquellen samt ihren Positionen. Als Codierformat, das kompatibel mit der Wiedergabe der Wellenfeldsynthese ist, kommt zum Beispiel MPEG-4 in Frage.⁸³

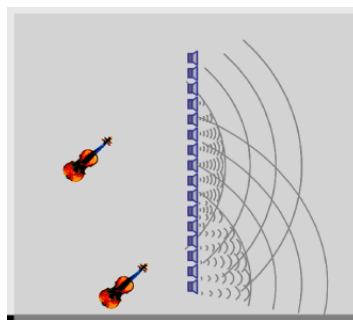


Abb. 12: Darstellung eines linearen Lautsprecherarrays

⁷⁸ vgl.: Mackensen, S. 85

⁷⁹ vgl.: Birkner, S. 64

⁸⁰ auch als Wellenfeldsynthese oder Schallfeldsynthese bekannt

⁸¹ <http://www.idmt.de>

⁸² vgl.: Birkner S. 64 ff

⁸³ vgl.: http://recherche.ircam.fr/equipes/salles/WFS_WEBSITE/Index_wfs_site.htm,

4 Mikrofonierung

Am Beginn jeder Aufnahme steht grundsätzlich ein Mikrofon. Die Membran, die in der Mikrofonkapsel enthalten ist, wird durch die Luft in mechanische Schwingung versetzt. Mit einem Wandler werden die Membranschwingungen in elektrische umgewandelt.⁸⁴

„Aufgabe des Mikrofons ist es, den Nutzschall möglichst gut, vom Störschall aber möglichst wenig aufzunehmen.“⁸⁵

4.1 Eigenschaften von Mikrofonen

4.1.1 Richtcharakteristiken

Schon allein die Platzierung der Mikrofone ist immens wichtig und beeinflusst die Aufnahme der Schallquellen. Schallwellen, die unterdrückt werden sollen, lassen sich durch Mikrofoncharakteristiken ausblenden. Deshalb wurden für die verschiedensten Aufnahmekriterien diverse Mikrofone entwickelt. Die Richtwirkung ist also abhängig von der Art des Mikrofons.

Kugelmikrofone zum Beispiel können Schall aus allen Richtungen empfangen, haben demnach keine Richtwirkung und sind in jede Richtung gleich empfindlich. Da die Richtcharakteristik von den Eigenschaften des jeweiligen Mikrofons abhängt, ist diesem Thema ein eigenes Unterkapitel 4.2 gewidmet.

⁸⁴ vgl.: Hubert Henle, das Tonstudio Handbuch, GC Carstensen Verlag, München, 2001, S. 143

⁸⁵ M. Zollner u. E. Zwicker, Elektroakustik, Springer Verlag, Berlin, 2003, S. 267

4.1.2 Interferenzempfänger

Um die Richtwirkung zu optimieren, kann ein Mikrofon zusätzlich mit einem Richtrohr (die Länge des Rohrs bestimmt die Richtwirkung) versehen werden. Die Schallwellen, die seitlich durch die Öffnungen des Rohrs eintreffen, werden durch die Bauweise des Rohrs teilweise oder gänzlich ausgelöscht, weil sie gegenphasig aufeinander treffen. Schall, der frontal auf das Richtrohr trifft, wird demnach verstärkt, weil er sich gleichphasig überlagert.⁸⁶

4.1.3 Grenzschalldruck

Im Allgemeinen wird bei Mikrofonen ein Klirrfaktor von 0,5% bei 1kHz akzeptiert. Der Schalldruck, der dabei entsteht, wird Grenzschalldruck genannt.⁸⁷

Der Klirrfaktor bei den beiden Mikrofonarten, auf die weiter unten eingegangen wird, ist natürlich verschieden.

a) Kondensatormikrofone

Der Schalldruckpegel liegt bei etwa 120 bis 126 dB

b) dynamische Mikrofone

Aufgrund der Verarbeitung liegt der Schalldruckpegel bei 140dB

4.1.4 Impulsverhalten

Auch das Impulsverhalten entscheidet, wie gut die Aufnahmefähigkeit des Mikrofons ist. Das Verhalten beschreibt die Fähigkeit, steile Flanken genau zu übertragen. Die Flankensteilheit ist der Quotient von Pegeländerung/relative Frequenzänderung und entspricht der Steigung einer Kurve in doppellogarithmischer Darstellung. In der Praxis sind solche steilen Flanken zum Beispiel bei der Stimme oder bei Perkussionsinstrumenten zu finden.⁸⁸

⁸⁶ vgl. Henle, S. 158

⁸⁷ vgl. Henle, S. 163

⁸⁸ vgl. M. Zollner u. E. Zwicker, S. 15

Leider ist das Impulsverhalten vor dem Kauf von Mikrofonen oft nicht herauszufinden und so kann man die Aufnahmequalität erst beim eigenen Test erfahren. Anhand dieses Verhaltens lassen sich aber zwei annähernd gleiche Mikrofone in Punkto Aufnahmecharakteristik sehr gut unterscheiden.

Da das Impulsverhalten hauptsächlich von der Masse der Membran charakterisiert wird und die Masse eines Kondensatormikrofons weitaus geringer ist als die eines dynamischen Mikrofons, besitzen Mikrofone mit einem elektrostatischen Wandler (Kondensatormikrofone, mehr darüber im Kapitel Wandlerprinzipien) ein besseres Übertragungsverhalten für Impulse. Weiters schwingt diese Art von Mikrofon nicht aus und man erhält so eine naturgetreue Aufnahme.⁸⁹

Im Gegensatz zu Kondensatormikrofonen können dynamische Mikrofone dieses Impulsverhalten nicht so genau wiedergeben. Durch ein Über- bzw. Nachschwingen wird die erste Flanke deutlich verzerrt. Diese Eigenschaft ist aber nicht unbedingt ein Nachteil. Trotz dieser Klangverfärbung werden dynamische Mikrofone sehr oft aufgrund dieser Verzerrung verwendet.

4.1.5 Geräuschspannungsabstand

„Der Geräuschpegelabstand eines Mikrofons ist das Verhältnis zwischen der Spannung, die das Mikrofon ohne Einwirkung von Schall erzeugt, und der Spannung, die das Mikrofon erzeugt bei einem Schalldruck von 1 Pa und einer Frequenz von 1kHz abgibt.“⁹⁰

Dieser Standard ist in der deutschen Norm DIN 45401 bzw. in der CCIR 468 festgelegt.

Kondensatormikrofone haben einen Geräuschpegelabstand von 65 bis 70 dB. Bei dynamischen Mikrofonen wird dieser Zusatz oft nicht angegeben. Die

⁸⁹ vgl. Henle, S. 164f

⁹⁰ Henle, S. 162

Ersatzlautstärke, auch manchmal im Datenblatt zu finden, gibt den Pegel des Mikrofons ohne Einwirkung von Schall an.

Der Geräuschspannungsabstand beschränkt aber nicht die nutzbare Dynamik, da der Grenzschalldruckpegel in Wirklichkeit um 30 bis 40 dB höher ist als der Bezugsschalldruckpegel für den Geräuschspannungsabstand.⁹¹

4.1.6 Übertragungsfaktor und Übertragungsmaß

Dies sind Begriffe, die den Zusammenhang von Schalldruck an der Mikrofonmembran und die daraus folgende Ausgangsspannung des Mikrofons angeben. Der Übertragungsfaktor gibt an, wie stark das Mikrofon beim Gain im Mischpult verstärkt werden muss. Je höher dieser Faktor ist, desto weniger muss verstärkt werden. Er beschreibt das Verhältnis von Ausgangsspannung und Schalldruck bei einer Frequenz von 1 kHz.⁹²

Das Übertragungsmaß von Kondensatormikrofonen liegt zwischen -66 und 58 dB (Übertragungsfaktor = 5 bis 12 mV/Pa). Dynamische Mikrofone haben ein Übertragungsmaß von -80 bis 70 dB (Übertragungsfaktor = 1 bis 3 mV/Pa).

⁹¹ vgl. Henle, S. 163

⁹² vgl. Henle, S. 162

4.2 Richtwirkung

Unterschieden werden zwei Kategorien:

4.2.1 Druckempfänger

Bei diesem Typus ist eine Seite der Membran dem Schallfeld gegenüber geöffnet. Die andere Seite der Membran ist luftdicht abgeschlossen. Da der Schalldruck jedoch richtungsunabhängig ist, haben Druckempfänger keine Richtwirkung und eine kugelförmige Richtcharakteristik.⁹³

In der Praxis ist die Richtwirkung aber abhängig von der Frequenz. *„Solange die Abmessungen des Mikrofons klein gegenüber der Wellenlänge der Schallwellen sind, ist die Richtcharakteristik kugelförmig, da die Schallwellen um das Mikrofon herum gebeugt werden.“*⁹⁴ Hochfrequente Schallwellen, die auf die Rückseite der Kapsel oder auf die Seite treffen, werden somit nur teilweise oder überhaupt nicht um die Membran gebeugt und deshalb nicht erfasst. Das Ergebnis ist eine nierenförmige Charakteristik bei hohen Frequenzen. Noch dazu werden hochfrequente Schallwellen, die bei 0° auf die Membran treffen, reflektiert, was zu einer Anhebung von 10dB führen kann.⁹⁵

4.2.2 Druckgradientempfänger

Der Unterschied zu den oben genannten Druckempfängern ist, dass die Membran von Druckgradientempfängern auf beiden Seiten offen liegt. Der Druckunterschied vor und hinter der Membran ist also ausschlaggebend und bestimmt die Auslenkung. Diese Differenz wird Druckgradient genannt.⁹⁶

⁹³ vgl. Henle, S. 152

⁹⁴ Henle, S. 152

⁹⁵ vgl. Henle, S. 152

⁹⁶ vgl. Henle, S. 153

Wirken unterschiedliche Drücke auf die beiden Seiten der Membran, so wird diese ausgelenkt. Die Schalldruckdifferenz wird Schalldruckgradient genannt.⁹⁷

Druckgradientempfänger mit Achterrichtcharakteristik

Mikrofone dieser Bauart haben aufgrund der Dämpfung der Membran einen annähernd linearen Frequenzgang.⁹⁸

Der ideale Druckgradientempfänger hat die Form einer Acht, weil der Druckgradient bei 0° oder 180° am größten ist. Trifft jedoch die Schallwelle seitlich (90° oder 270°) auf die Membran, so entsteht kein Druckunterschied und deswegen auch kein Ausgangssignal.

Die Frequenz, bei der die maximale Schalldruckdifferenz auftritt, liegt abhängig von der Größe des Mikrofons bei 4 bis 10 kHz. Um auch über dieser Frequenz qualitativ gute Aufnahmen zu garantieren, wurde die Bauweise dementsprechend geändert und deswegen arbeiten Druckgradientempfänger im oberen Bereich wie Druckempfänger.

Druckgradientenempfänger mit Nierencharakteristik

Nierenmikrofone werden aufgrund ihrer Richtwirkung in der Praxis bevorzugt. Diese Druckgradientempfänger werden so platziert, dass sie bei 0°, also bei frontal auf die Membran eintreffenden Schallwellen, den größten Schalleinfall haben und bei 180° den geringsten Druckunterschied aufweisen. Erzielt wird dies durch akustische Laufzeitglieder, die den Schall verzögern.⁹⁹

Die Richtwirkung dieser Mikrofone hat bei tieffrequenten Schallwellen Einbußen und ähnelt dann einem Kugelmikrofon. Aufgrund der kleinen Kapseln können die Laufzeitglieder die tiefen Frequenzen nicht mehr verzögern. Deswegen wurden

⁹⁷ vgl. Michael Dickreiter: Handbuch der Tonstudioteknik Band 1, K. G. Saur Verlag KG, München, 1997, S. 164

⁹⁸ vgl. Henle, S. 153ff

⁹⁹ vgl. Henle, S. 155ff

Nierenmikrofone mit zwei Kapseln entwickelt. Eine Kapsel für die hohen und eine für die tiefen Frequenzen.

Nahbesprechungseffekt bei Druckgradientenmikrofonen

Der Nahbesprechungseffekt tritt bei Druckgradientenmikrofonen auf, wenn die Schallquelle 1m oder weniger von der Kapsel des Mikrofons entfernt ist. „*Durch Annäherung an eine Schallquelle nimmt der Schalldruck proportional mit dem Abstand zu.*“¹⁰⁰

4.2.3 Mikrofone mit umschaltbarer Richtcharakteristik

Diese Kondensatormikrofone haben zwei Kapseln mit Nierencharakter und werden auch Doppelmembranmikrofone genannt. Die beiden Membrane sind in die entgegengesetzte Richtung ausgerichtet und werden von einer gemeinsamen Gegenelektrode versorgt. Dadurch, dass die nach hinten gerichtete Kapsel mit einer veränderbaren Vorspannung versorgt wird, kann die Richtwirkung geändert werden. Ist die Kapselvorspannung ausgeschaltet, hat das Mikrofon eine Nierencharakteristik. Ist die Versorgung beider Kapseln ident und haben sie die gleiche Polarität, so ergibt sich eine Kugelcharakteristik. Ist die Polarität aber entgegengesetzt, addieren sich die Signale gegenphasig und es entsteht ein Mikrofon mit Achtercharakteristik.¹⁰¹

4.3 Wandlerprinzipien

Wandlerprinzipien beschreiben die Art, wie die Membran die Schwingungen umwandelt. Vor allem haben sich zwei Arten von Wandlerprinzipien durchgesetzt: Elektrostatische Wandler, die man in Kondensatormikrofonen findet, und elektrodynamische Wandler, die in Bändchenmikrofonen eingesetzt werden.

¹⁰⁰ Henle, S. 157

¹⁰¹ vgl. Henle, S. 159ff

4.3.1 Kondensatormikrofone

Kondensatormikrofone haben sehr exakte und dennoch natürliche Charakteristika und werden deswegen überall dort eingesetzt, wo es um eine hervorragende Aufnahmequalität geht. Sie zeichnen sich besonders durch ein natürliches Frequenzspektrum aus. Sie sind jedoch mechanisch nicht so robust und haben hohe Anschaffungskosten. Aus diesem Grund werden sie eher im Studio eingesetzt als auf der Bühne.¹⁰²

Trotz der unterschiedlichen Größe der Membrane ist der maximale Schalldruck bei diesen Mikrofonen nicht variierend. Die Verzerrungen, die auftreten können, hängen also nicht von den Membranen ab, sondern von den Verstärkern der Mikrofone. Erst wenn der Schalldruck besonders hoch ist, verzerrt die Kapsel selbst. Trotzdem zeigt die Praxis, dass Kondensatormikrofone mit sehr großen Membranen oft im Nahbereich der Schallquellen verwendet werden, weil dort ein höherer Schalldruck auftreten kann. Hier haben sich Mikrofone mit kleiner Membran wegen ihrer guten und gleichmäßigen Richtcharakteristik über den gesamten Frequenzbereich ausgezeichnet. Daher werden diese auch für die Aufnahme eines Klangkörpers verwendet.¹⁰³

Die heute verwendete Spannungsart ist die so genannte Phantomspannung¹⁰⁴. Die Spannung für diese Speisung beträgt 48 V. *„Bei der Phantomspeisung wird die Gleichspannung zur Versorgung der Mikrofone über zwei Widerstände von 6,8 k Ω auf die beiden Adern der Mikrofonleitung geschaltet und so auch wieder entnommen. Zwischen den Adern besteht also gleichspannungsmäßig keine Potentialdifferenz.“*¹⁰⁵ Da in den meisten Fällen bei Aufnahmen ein Mischpult vorhanden ist, dient oft das Netzteil des Mischpults als Gleichspannungsquelle. Solange das Mikrofon symmetrisch ist, kann die Phantomspeisung immer an der Mikrofonleitung anliegen, ohne bei einem Kurzschluss die Versorgung der anderen Mikrofone zu unterbrechen.

¹⁰² vgl. Roland Enders: das Homerecording Handbuch, GC Carstensen Verlag, München, 2003, S.90

¹⁰³ vgl. Henle. S. 143ff

¹⁰⁴ Gleichspannung in Höhe von 9 bis 48 Volt $\pm$ 5 Volt

¹⁰⁵ Henle, S.147



Abb. 13: Beispiel für ein Kondensatormikrofon. Sennheiser ME 62

4.3.2 Elektret-Kondensatormikrofone

Der wesentliche Vorteil dieser Mikrofonart ist, dass durch besondere Verfahren und spezielle Materialien die externe Vorspannung entfällt. Damit ist auch die Versorgung der Phantomspeisung hinfällig, da der im Mikrofon verwendete Verstärker auch mit einer niedrigen Gleichspannung einer Batterie sehr lang aufrecht erhalten werden kann. Dies macht das Elektret-Kondensatormikrofon besonders für Außenaufnahmen besonders praktisch. Noch dazu ist die Konstruktion solcher Mikrofone nicht sehr kostenintensiv, was den Preis deutlich senkt. Man muss aber, trotz dieser Vorzüge, mit einer qualitativ minderen Aufnahme rechnen als bei Kondensatormikrofonen.¹⁰⁶

4.3.3 Elektrodynamische Mikrofone

Bei dynamischen Mikrofonen wird „...*einem elektrischen Leiter, der sich in einem Magnetfeld bewegt, eine Spannung induziert*“¹⁰⁷. Welche Art von Leiter verwendet wird bestimmt, um welche Form des dynamischen Mikrofons es sich handelt. Dies kann ein Bändchenmikrofon sein, bei dem die Membran gleichzeitig als Leiter dient, oder ein Tauchspulenmikrofon, das als Leiter eine Schwingspule verwendet.

Bändchenmikrofon

¹⁰⁶ vgl. Henle, S. 147f

¹⁰⁷ Henle, S. 148

Ein Streifen aus Aluminium von 2 bis 4 mm Breite dient als Membran und wird zwischen zwei Dauermagneten eingespannt. Bändchenmikrofone haben einen sehr linearen Frequenzgang und können unter anderem deswegen mit der Klangqualität eines Kondensatormikrofons verglichen werden. Der Nachteil dieses Mikrofons besteht allerdings darin, dass es eine hohe Empfindlichkeit gegen Wind und Erschütterungen hat.¹⁰⁸



Abb. 14: Bändchenmikrofon M 260 von Beyerdynamic

Tauchspulenmikrofon

An der Membran des Mikrofons ist eine Spule angebracht, die von einem Magneten umrahmt ist. Sobald die Membran in Schwingung versetzt wird, wird in der Spule eine Spannung induziert, die direkt übertragen wird. Da bei Tauchspulenmikrofonen der Frequenzgang ohnehin nicht überzeugend ist, muss dieser durch verschiedene Konstruktionen verbessert werden, um einen annähernd linearen Aufnahmebereich zu erzielen. Eine dieser Maßnahmen sind zusätzliche Resonanzräume, um das Übertragungsverhalten zu steigern. Aufgrund der eben genannten Tatsachen versuchen die Hersteller das Mikrofon so umzubauen, dass zumindest der Frequenzgang optimiert wird, um das Mikrofon somit für spezielle Anwendungen gebrauchen zu können.¹⁰⁹

¹⁰⁸ vgl. Henle, S. 148f

¹⁰⁹ vgl. Henle, S. 149f

Trotz dieser Nachteile werden Tauchspulenmikrofone im Studio eingesetzt, weil man ihnen eine gute Klangqualität nachsagt. Aufgrund ihrer Robustheit werden sie auch des öfteren auf der Bühne verwendet.

4.3.4 Piezoeletrische Mikrofone

„Piezoelektrische Mikrofone nutzen die Eigenschaft bestimmter Kristalle, auf mechanischen Druck mit einer elektrischen Ladungsverschiebung zu reagieren.“¹¹⁰ Die dadurch entstehende Spannung wird direkt an den Mikrofonverstärker übertragen. Nachteil dieses Mikrofons ist die starke Temperaturempfindlichkeit, was den Einsatz im Profibereich fast gänzlich ausschließt.

4.4 Weitere Mikrofonarten

4.4.1 Richtmikrofone

Diese Interferenzempfänger (Kapitel 4.1.2) werden vor allem wegen ihrer starken Richtwirkung bei Außenaufnahmen verwendet.

4.4.2 Röhrenmikrofone

Diese Art der Kondensatormikrofone regt auch heute wieder das Interesse der Mikrofonhersteller. Viele Firmen setzen teilweise deswegen auf dieses Mikrofon, weil sie vor allem der für dieses Modell charakteristische Klang interessiert. Der Unterschied zu den derzeit gebräuchlichen Modellen ist der nachgeschaltete Vorverstärker. Die meisten hier eingesetzten Verstärker besitzen nun einen Transistor anstatt der früher verwendeten Röhrentechnik.¹¹¹

¹¹⁰ Henle, S. 150

¹¹¹ vgl. Henle, S. 171

4.4.3 Grenzflächenmikrofone

Um den Frequenzgang so linear wie möglich zu gestalten, müssen Bodenreflexionen, die bei herkömmlichen Mikrofonen durch den Abstand zum Boden entstehen, umgangen werden. Bei anderen Mikrofonen würde man, um den reflektierten Schall zu verringern, den Abstand zur Schallquelle verkleinern, doch passt man dieses Mikrofon dem Boden an, so werden diese Reflexionen unwirksam.¹¹²

Bei Grenzflächenmikrofonen wird der Grenzflächeneffekt ausgenutzt, indem ein Druckstau vor der Grenzfläche den Schalldruck um 6 dB erhöht. Bei herkömmlichen Mikrofonen bewirkt der Druckstau eine Erhöhung des Schalldrucks nur bei sehr hohen Frequenzen. Hat die Grenzfläche jedoch eine gewisse Größe, führt das zu einem Druckstau über den gesamten Frequenzbereich hinweg.



Abb. 15: Sennheiser e 912 (dauerpolarisiertes Kondensatormikrofon mit halber Nierencharakteristik)

Deswegen sind diese Mikrofone so konstruiert, dass sie groß und so flach wie möglich sind. Sie besitzen meist eine halbkugelförmige Richtcharakteristik und haben, wenn sie in eine Fläche integriert sind, einen linearen Frequenzgang. Durch die eben genannten Eigenschaften des Mikrofons kann man durch die Platzierung die Charakteristika immens verändern.¹¹³

¹¹² vgl. Henle, S. 168f

¹¹³ vgl. <http://de.wikipedia.org/wiki/Grenzflächenmikrofon>, 10.05.06, 10:00

4.4.4 Stereomikrofone

Diese Mikrofone bestehen aus zwei getrennten drehbaren Kapseln, dessen Richtcharakteristik sich einzeln umschalten lässt. Durch die Konstruktion dieses Mikrofons treten unabhängig von der Einfallsrichtung keine Laufzeitunterschiede auf, weswegen sie vor allem bei Stereoaufnahmen, wo es nur auf Pegelunterschiede ankommt, verwendet werden.¹¹⁴

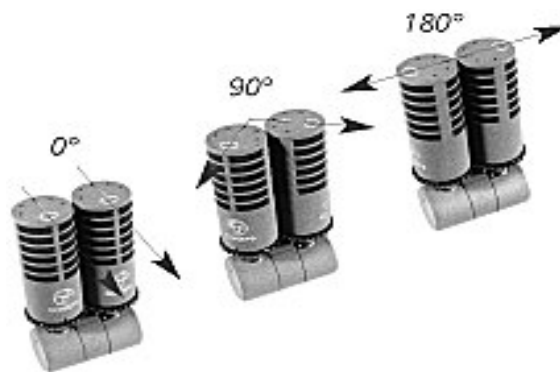


Abb. 16: XY-Stereo Mikrofon CMXY 4V (Schoeps) mit stufenlos verstellbarem Achswinkel

Kugelflächenmikrofon

Die zwei getrennten Druckempfänger sind in einem Winkel von 180° in eine Kugel eingebaut und werden für Stereo-Aufnahmen verwendet. Das Kugelmikrofon war Vorreiter für die dann entwickelten Aufnahmen in der 5.1-Technik.¹¹⁵

4.4.5 Surround-Mikrofone

Mit Beginn der 5.1 Aufnahmetechnik wurden auch spezielle Mikrofone konstruiert, die diesen Bereich der Aufnahme verbessern und erleichtern können. Speziell bei Live-Aufnahmen ist es oft unmöglich, Platz für mehrere Mikrofone zu finden und vor allem der mit Live-Übertragungen verbundene Stress lässt diverse länger dauernde Aufbauten nicht zu.

¹¹⁴ vgl. Henle, S. 165

¹¹⁵ vgl. Henle, S. 165f

4.4.6 Digitale Mikrofone

Durch den Begriff „digital“ kann man falsche Schlüsse ziehen. Im Prinzip baut die Technik auf eine Wandlung eines normalen Kondensatormikrofons auf, jedoch ist bei einem digitalen Mikrofon der A/D-Wandler integriert. Ein A/D-Wandler oder auch analog/digital Wandler wandelt analoge Eingangssignale in digitale Daten um. Die Ausgangsspannung wird im Mikrofon durch die analoge Kapsel digitalisiert und anschließend im Format AES/EBU ausgegeben.

4.5 Tonaufnahmen für Spielfilme und fürs Fernsehen

Man könnte annehmen, dass die Aufnahmen vom Drehort eins zu eins übernommen werden, jedoch ist das in der heutigen Zeit mit Sicherheit nicht mehr so. Die meisten Spezialgeräusche, Atmos und Dialoge werden im Studio nachsynchronisiert. Der Grund liegt in der schlechten Mikrofontechnik.

Die vielen unerwünschten Nebengeräusche am Drehort lassen so manchen Tonmeister verzweifeln. Ziel der Aufnahmen ist es, den Dialog oder die Sprachaufnahmen so verständlich wie möglich zu machen. Aus diesem Grund haben sich Ansteckmikrofone und Richtmikrofone wie Keulen und Supernieren als sehr brauchbar erwiesen.

Um so nah wie möglich an den Redenden heranzukommen, werden die Richtmikrofone an so genannten Galgen, eine verlängerbare Mikrofonstange, montiert und über der Person positioniert. Nicht selten werden mehrere dieser Mikrofone verwendet, weil die Mikrofone immer auf den sprechenden Schauspieler gerichtet werden müssen, um diverse Nebengeräusche auszublenden.

5 Mikrofonierungstechniken

5.1 Grundlagen

5.1.1 AB-Stereofonie

Zwei Mikrofone werden frontal (0°) in einem Abstand von ca. 1 m voneinander aufgestellt. Der Abstand der Mikrofone bestimmt den Bereich, der aufgenommen werden soll. Durch den Abstand der Mikrofone entsteht ein Laufzeitunterschied, weswegen die AB-Stereofonie auch Laufzeitstereofonie genannt wird. Durch diese Differenz entstehen Phantomschallquellen, die einen guten Raumeindruck auf Kosten der Ortung der einzelnen Schallquellen vermitteln.¹¹⁶

Der Gebrauch von zwei Mikrofonen mit Kugelcharakteristik ergibt ein Klangbild, welches die tiefen Frequenzen im Besonderen hervorhebt und durch die veränderte Richtwirkung im Bereich der höheren Frequenzen kommt ein angenehmer Raumeindruck zustande. Soll zu einer Mikrofonierung der Raumklang zusätzlich aufgenommen werden, bietet sich das AB-Verfahren durch die nicht korrelierten Aufnahmesignale besonders an. Die AB-Aufnahme kann nicht im Mono Format abgespielt werden, weil sich die Signale gegenseitig auslöschen. Allerdings ist es möglich nur einen Kanal (L oder R) abzuspielen.¹¹⁷

Für Dialogaufnahmen wird dieses Verfahren nicht verwendet, weil die Laufzeitdifferenz eine Dialogaufnahme nicht ermöglicht¹¹⁸.

5.1.2 XY-Stereofonie

*„Das XY-Verfahren ist ein Koinzidenz-Verfahren, bei dem zwei Mikrofone am selben Platz in einem bestimmten Winkel zueinander ausgerichtet werden“.*¹¹⁹

¹¹⁶ vgl. Birnker, S. 77

¹¹⁷ vgl. M. Zollner u. E. Zwicker, S. 270

¹¹⁸ vgl. Henle S. 176

¹¹⁹ Birkner, S. 79

Aufgrund der Lautstärken- und Intensitätsunterschiede der beiden Mikrofonkapseln spricht man bei dieser Technik von Intensitätsstereofonie.¹²⁰

Bei diesem Verfahren werden die Mikrofone übereinander positioniert, wobei die Nieren einen Öffnungswinkel von $\pm 90^\circ$ haben und einen Aufnahmebereich von 180° . Supernieren arbeiten mit einem Versatzwinkel von $\pm 75^\circ$ und einem Aufnahmebereich von 140° . Die Richtcharakteristik für das XY-Verfahren muss für beide Mikrofone gleich sein, außerdem sind Druckempfänger nicht für diese Technik verwendbar. Aufgrund dieser Einstellung wird also der Aufnahmebereich vom Versatz- oder Öffnungswinkel geprägt.

Befindet sich eine Schallquelle seitlich von den Mikrofonen, wird es vom ersten mit hoher Empfindlichkeit von vorne aufgenommen und vom zweiten Mikrofon seitlich und daher gedämpft aufgenommen. Aufgrund dieser Pegelunterschiede bilden sich bei der Wiedergabe Phantomschallquellen mit einer sehr guten Lokalisation. Der Nachteil dieser Technik ist die wenig vorhandene Räumlichkeit und ein helles Klangbild wegen dem fehlenden Bassbereich.¹²¹

Auch Mikrofone mit Achtercharakteristik lassen sich problemlos bei diesem Verfahren einsetzen. Aufgrund einer höheren Unempfindlichkeit gegenüber seitlich eintreffenden Schalls ergeben sich kleinere Versatzwinkel, jedoch ist der Aufnahmebereich um einen gleich großen rückwärtigen erhöht. Wie bei den Nieren- und Supernierenmikrofonen wird auch bei dieser Konstruktion der tiefe Frequenzbereich vermindert aufgenommen, was es zur Alternative für die Live-Sprachaufnahmen macht. Sogar Publikumsgeräusche werden durch den hinteren Aufnahmebereich aufgenommen, wobei die Phasen bei der Wiedergabe verdreht werden müssen.¹²²

Stellt man die Öffnungswinkel klein genug ein, kann man mit dem XY-Verfahren eine gute Monokompatibilität erzielen.

¹²⁰ vgl. Birkner, S. 79 ff

¹²¹ vgl. Henle, S. 183

¹²² vgl. Birnker, S. 79

5.1.3 MS-Stereofonie

Die MS-Technik, die auch auf der Intensitätsstereofonie beruht, ist dem XY-Verfahren sehr ähnlich, bringt aber einige Vorteile.

Wie bei der oben genannten Technik werden auch beim MS-Verfahren zwei Mikrofone benutzt, aber ein Mikrofon mit beliebiger Richtcharakteristik wird auf das Zentrum (0°) des aufzunehmenden Bereiches gerichtet. Das oberhalb befindliche Mikrofon hat eine Achtercharakteristik und ist um 90° gedreht. Der Vorteil des Achtermikrofons ist, dass das Seitensignal (S) mit hoher Empfindlichkeit aufgenommen und der Schall von vorne stark gedämpft wird. Durch Matrizierung der Signale M (Mitte) und S mit einem so genannten Richtungsmischer erhält man die Signale L und R. Zusätzlich kann das Verhältnis von S und M nachträglich noch verändert werden.¹²³

So wie beim XY-Verfahren ist auch die Ortung bei Aufnahmen, die mittels MS-Technik entstanden sind, gut unterscheidbar, jedoch erhält man ein viel besseres S Signal. Weil das M Signal einzeln aufgenommen und wiedergegeben werden kann, ist dieses Verfahren immer monokompatibel.

Der Vorteil bei der Tonaufnahme von Spielfilmen und Fernsehfilmen liegt eindeutig beim gerichteten Mittensignal. Durch dieses Mikrofon verliert man nicht die Präsenz bei Dialogen und störende Raumgeräusche, die mit dem S-Mikrofon aufgenommen wurden, können ausgeblendet werden.

¹²³ vgl. Henle, S. 180

5.2 Mehrkanalmikrofonierung

5.2.1 INA 3

Diese Vorschläge basieren auf der Untersuchung von Ulf Hermann und Volker Henkels, die ihre Arbeit in der FH Düsseldorf im Jahr 1997 schrieben. Die Abkürzung INA bedeutet „Ideale Nierenanordnung“ und das Verfahren geht davon aus, dass mehrere Schallquellen mit drei Mikrofonen aufgenommen werden können. Die Technik sieht vor, dass die Bereiche L-C und C-R einzeln aufgenommen werden, ohne sich zu überschneiden, sich aber auf der zentralen Achse berühren, um die Übergänge fließend aufzunehmen. Wenn man also eine Wiedergabe mit einer ITU-775-Anordnung analysiert, stellt man fest, dass sich Phantomschallquellen bilden, welche eine aufnahmegerechte Ortung ermöglichen.¹²⁴

5.2.2 INA 5

Erweitert man die INA 3 Anordnung um zwei rückwärtige Mikrofone mit Nierencharakteristik, so bekommt man eine INA 5 Mikrofonierung, die für eine 3/2 Wiedergabe verwendet werden kann.¹²⁵

Das „Adjustable Surround Microphone“ ist die Umsetzung der INA 5 Idee und glänzt durch die verstellbaren Mikrofonwinkel und –abstände. Zusätzlich lässt sich die Richtcharakteristik der Mikrofone umschalten, um es an die bestimmten Gegebenheiten der Aufnahme anzupassen.

Auf Basis dieser Technik hat unter anderem die Fa. Brauner das ASM 5 konstruiert.

¹²⁴ vg. Birnker, S. 87

¹²⁵ vgl. Henle, S. 190f



Abb. 17: BRAUNER ASM 5

5.2.3 Doppelte-MS-Stereofonie

Bei diesem koinzidierten Vierkanal-Verfahren wird das Stereo MS-Verfahren um einen rückwärtigen Aufnahmebereich ergänzt. Ein zusätzliches Achtermikrofon wird auf 180° ausgerichtet und dient so als vorderes und rückwärtiges S-Signal. Das hintere Signal muss jedoch aufgrund der seitenverkehrten Anordnung bei der Matrizierung vertauscht werden. Wird das M-Mikrofon getrennt aufgenommen, erfolgt aus dem Verfahren eine 3/2 Anordnung, die bei einer erweiterten Aufnahme des hinteren M-Signals einen rückwärtigen Center als Folge hat, der für die Formate DTS ES, DD EX und andere Übertragungsformate mit einem hinteren Center verwendet werden kann.¹²⁶

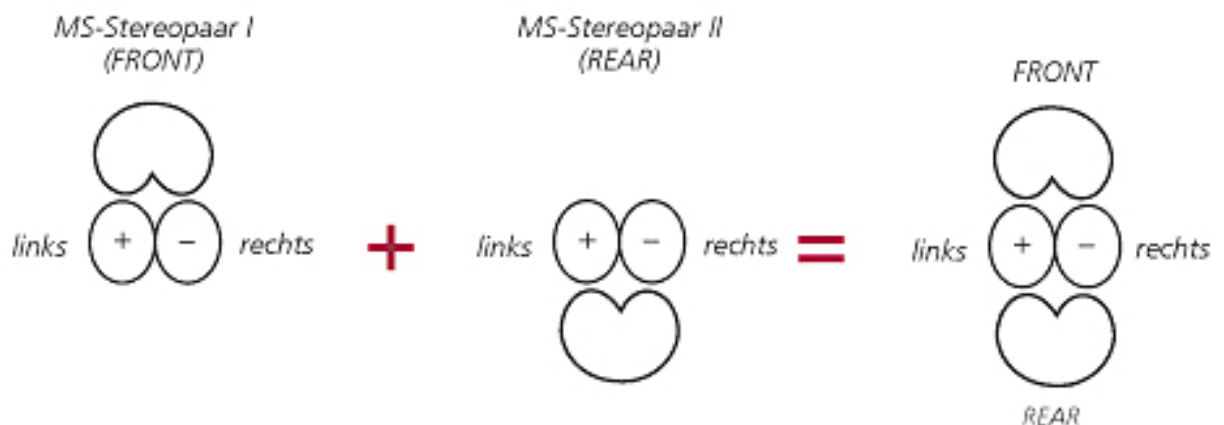


Abb. 18: Ansicht einer Doppel MS Stereofonie (von oben)

Der Vorteil dieser Technik liegt somit wegen des leichten Aufbaus auf der Hand und wird vor allem bei Atmo-Aufnahmen ausgenutzt.

¹²⁶ vgl. Birnker, S. 88f

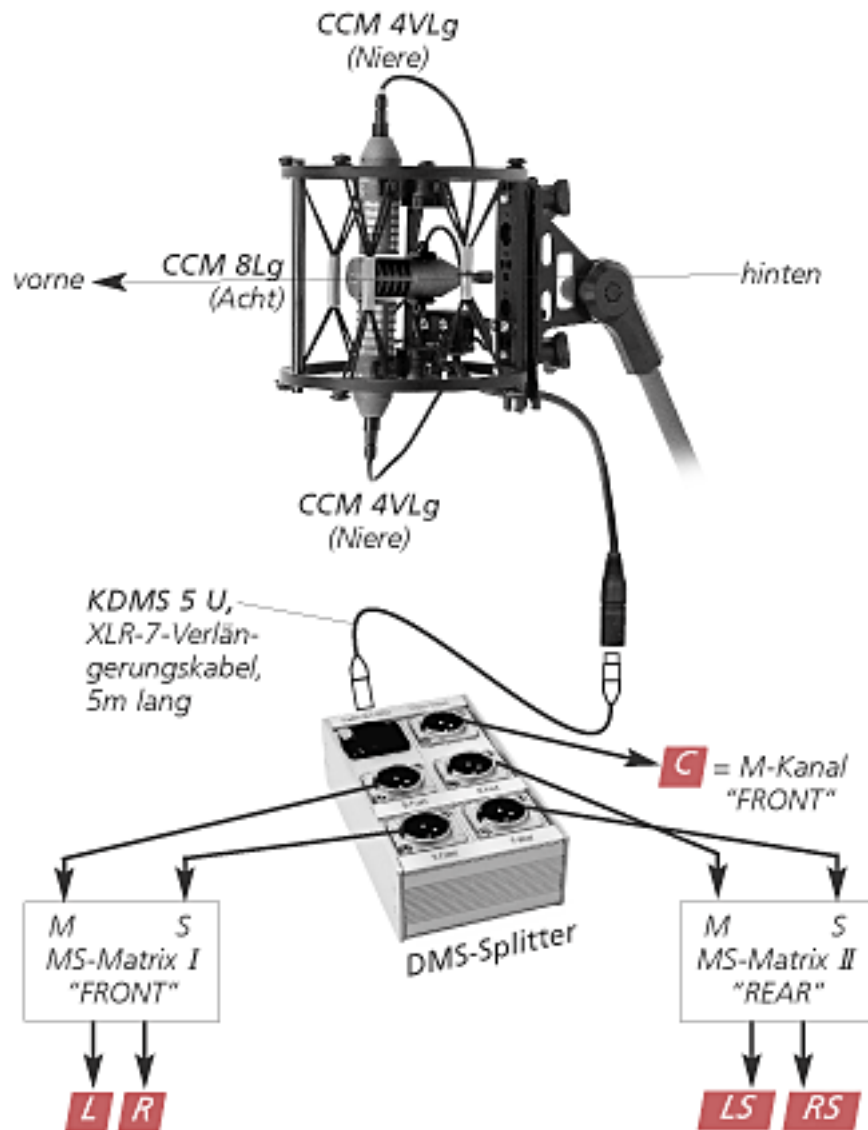


Abb. 19: Doppel-MS Mikrofon von Schoeps

5.2.4 IRT-Kreuz

Bei diesem Verfahren geht man von vier um 90° verschobenen Mikrofonen aus, die einen Abstand von 20-25 cm haben. Durch den Einsatz von vier identen Mikrofonen mit Nierencharakteristik ergibt sich ein ausgewogenes Klangbild, welches bei einem quadrofoniischen Wiedergabesystem sogar eine exakte Ortung von bewegten Signalen ermöglicht.¹²⁷

¹²⁷ vgl. http://www.schoeps.de/D-2004/PDFs/Mikrofonbuch_Kap15.pdf, S. 101, 15.05.06, 09:00

Entwickelt wurde das IRT-Kreuz jedoch als Atmo-Mikrofon, um eine möglichst getreue Aufnahme des Raumes durchzuführen.

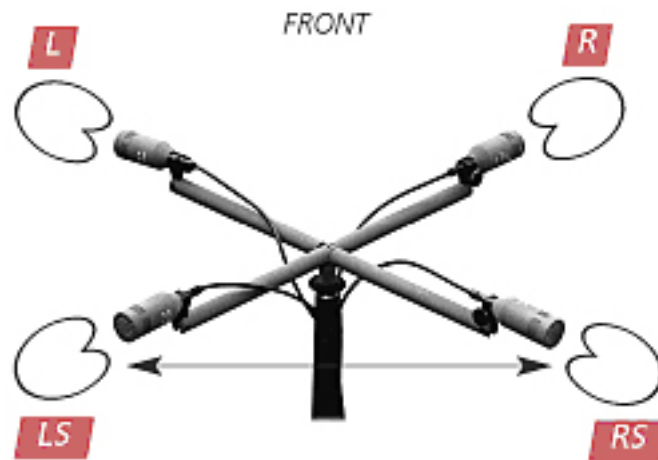


Abb. 20: IRT-Kreuz mit vier Nieren

Da nur vier Mikrofone vorhanden sind, ist dieses Verfahren nicht 3/2 kompatibel. Nur wenn man zusätzlich die L, R, und C-Signale aufnimmt und dazumischt, erhält man ein 3/2 kompatibles Format.¹²⁸

5.2.5 Surround-Kugelflächenmikrofon

Die Firma Schoeps hat mit dem KFM 360 ein Mikrofon entwickelt, das die Vorteile des Kugelflächenmikrofons nutzt und hat dieses um zwei seitlich positionierte Achtermikrofone, die nach vorne und hinten ausgerichtet werden, ergänzt. Weil durch das zentrale Kugelmikrofon ein Aufnahmewinkel von 120° erreicht wird, kann das Surround-Mikrofon sehr nahe an der Schallquelle platziert werden und so den Schall noch direkter abnehmen.¹²⁹

Durch Matrizierung ergeben sich die virtuellen Schallquellen für die vorderen und hinteren Surround-Kanäle, die aufgrund der Mikrofoncharakteristiken in eine Kugel, Niere und Acht umschaltbar sind.¹³⁰

¹²⁸ vg. Birnker, S. 91

¹²⁹ vgl. http://www.schoeps.de/D-2004/PDFs/Mikrofonbuch_Kap15.pdf, S. 101, 15.05.06, 10:00

¹³⁰ vg. Birnker, S. 92f



Abb. 21: Surround-Mikrofon

Eine Wiedergabe im 3/2 Format ist unter den oben genannten Umständen jedoch noch nicht möglich. Erst wenn man einen zusätzlichen Prozessor verwendet, erhält man neben den Front- und Surround-Kanälen ein Center-Signal. Auch die Wiedergabe eines LFE-Kanals ist mit diesen Bedingungen möglich und man realisiert so ein vollkommenes 5.1 Format.

5.2.6 Soundfield

Das Soundfield-Mikrofon besteht aus vier Membranen, die in Tetraederform angeordnet sind. Aus den damit aufgenommenen Signalen können beliebige Richtcharakteristiken berechnet werden.¹³¹

Das Originalformat, nämlich das A-Format wird mittels eines Prozessors in vier neue Signale (W, X, Y, Z) umgewandelt. Das W-Signal entspricht einem Mikrofon mit Kugelcharakteristik und die restlichen Signale besitzen eine Achtercharakteristik. Diese neu matrizen Signale werden B-Format genannt, wobei das X die Seitensignale (L, R) repräsentiert und der Z-Bereich die Höhen

¹³¹ vgl. http://www.schoeps.de/D-2004/PDFs/Mikrofonbuch_Kap15.pdf, S. 103, 15.05.06, 10:30

darstellt. Das W-Signal entspricht einem Center. Ergänzt werden diese Signale mit dem Y-Signal, das für die Tiefen verantwortlich ist.¹³²

Aus dem erhaltenen B-Format mit den entsprechenden Signalen können nun die verschiedenen Surround-Formate decodiert werden. Mit dieser bestimmten Umrechnung erhält man von Zweikanal-Stereo bis 10.1 alle beliebigen Formate. Die Decodierung des 5.1 Formates erfolgt mit dem Soundfield-SP-451-Sound Prozessor, wobei das Z-Signal zusätzlich gewählt werden kann, weil die Höhenkomponente nicht inkludiert ist.

5.2.7 Diskretes B-Format

Es wird versucht, das B-Format bestehend aus W, X, Y und Z direkt mit einem Kugelmikrofon (W) und Mikrofonen mit Achtercharakteristik (X, Y und Z) abzunehmen. Die Aufnahme ist hier allerdings erleichtert, weil man nicht mehr nur von einem Hersteller abhängig ist. Da die Soundfield-Prozessoren neben dem für das Soundfield-Mikrofon eigens konstruierten Eingang noch weitere Eingänge für diskrete Signale haben, ist die Weiterbearbeitung des B-Formates möglich.¹³³

So wie das Soundfield-Mikrofon sind auch die B-Format-Mikrofone sehr gut für die Atmo-Aufnahmen geeignet, wobei der Einsatz bei den Letzteren durch die unterschiedlichen Arten von Mikrofonen etwas komplizierter ist.

5.2.8 MST

Der Begriff MST steht für das Mitte-Steite-Tiefe-Aufnahmeverfahren und verwendet ein frontal auf die Schallquelle ausgerichtetes Kugelmikrofon mit zwei Achtermikrofonen, die aufeinander gerichtet sind, wobei das eine nach vorn/hinten und das andere nach oben/unten zeigt. Die fünf virtuellen Nierenmikrofone ergeben sich also durch S und T (Achtermikrofone) und M (Kugelmikrofon). Werden die Signale entsprechend matriziert, ergibt sich so ein 3/2 Format.¹³⁴

¹³² vgl. Birnker, S. 93f

¹³³ vgl. Birnker, S. 94f

¹³⁴ vgl. Birnker, S. 95f

Aufgrund der klanglichen Defizite und der komplexen Matrixumrechnung wird diese Technik aber heute nicht mehr eingesetzt.

5.2.9 OCT

Das Optimized Cardioid Triangle Verfahren basiert genau wie das IRT-Kreuz zu einem großen Teil auf der Forschung von Günther Theile. Bei dieser Technik wird versucht, gleich dem INA 3 Verfahren die Bereiche L-C und C-R getrennt aufzunehmen. Mit einem Unterschied: dieses Merkanalaufnahmeverfahren verwendet fünf Mikrofone.

Eine Niere ist im Abstand von 8 cm zur Basis L-R im Winkel von 0° aufgebaut. Zwei Supernieren sind in einem Abstand aufgebaut, der vom Einsatz der OCT-Mikrofonierung abhängt (zwischen 40 und 80 cm). Zusätzlich zu den Supernieren nehmen zwei Kugelmikrofone die tiefen Frequenzen auf, um den Bassbereich zu unterstützen. Die Kugelmikrofone laufen mit einem Low-Pass-Filter¹³⁵ bei 100 Hz um Lokalisationsschwierigkeiten zu verhindern.¹³⁶

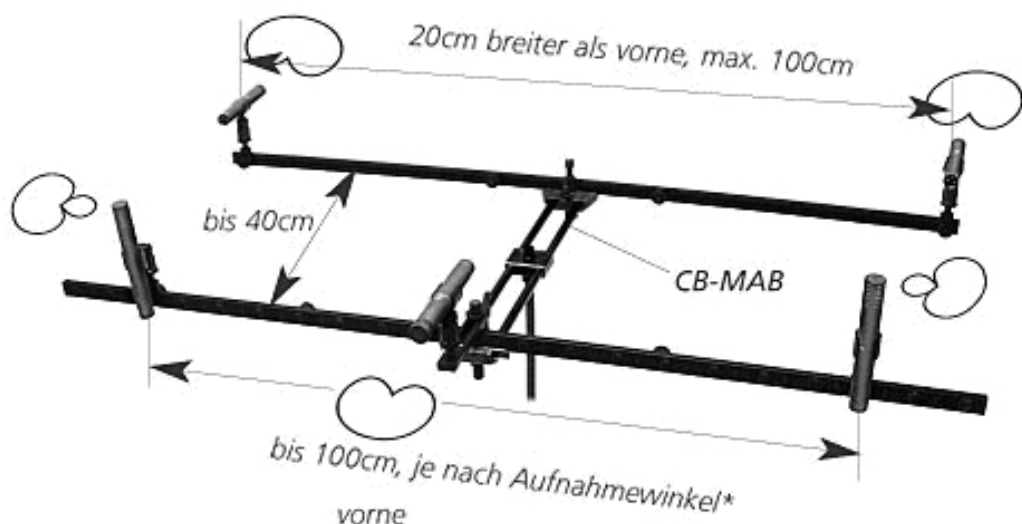


Abb. 22: Aufbau einer OCT Aufnahme

¹³⁵ vgl. Schiffner, S. 37, Tiefpassfilter lassen nur Frequenzen durch, die oberhalb eines bestimmten Wertes sind.

¹³⁶ vgl. http://www.schoeps.de/D-2004/PDFs/Mikrofonbuch_Kap15.pdf, S. 102, 15.05.06, 13:00

Treffen Schallwellen vertikal auf die Mikrofonanordnung, werden diese vom ersten Nierenmikrofon (Center) mit voller Empfindlichkeit aufgenommen und von den seitlich angebrachten Supernieren mit -9dB. Trifft ein Signal seitlich ein, arbeiten die Supernieren mit voller Empfindlichkeit und die Niere mit -6dB. Zusätzlich nimmt die gegenüberliegende Superniere mit -11 dB gegenphasig auf. Allerdings ergibt sich durch die Konstruktion bei $\pm 20 - 35^\circ$ eine ungenaue Lokalisationswahrnehmung.¹³⁷

In Verbindung mit dem IRT-Kreuz können auch Aufnahmen im 3/2 oder 5.1 Format gemacht werden. Die vorderen Nierenmikrofone werden zusätzlich als L und R integriert und die beiden hinteren werden als LS und RS verwendet.

„Auf Grund der Vielzahl der möglichen Mikrofone kann über die Klangqualität hier keine Aussage getroffen werden.“¹³⁸

5.2.10 Decca-Tree

Das Verfahren dient zur Aufnahme im 3/0 Format und besteht aus drei Kugelmikrofonen. Durch die entsprechende Richtcharakteristik sind alle Mikrofone im Winkel von 0° ausgerichtet. Der Abstand vom ersten Kugelmikrofon zu den hinteren Mikrofonen und die Aufteilung der hinteren Mikrofone lässt den Centerkanal stark in den Vordergrund treten. Dadurch lassen sich Signale im vorderen Klangbild schlecht orten und machen es daher für gerichtete Aufnahmen eher ungeeignet. Jedoch ermöglicht der Decca-Tree eine sehr gute Aufzeichnung im Bassbereich.¹³⁹

Tauscht man die verwendeten Mikrofone mit Nierenmikrofonen aus, so verbessert das die Ortung immens, weil der Diffusschall um 6 dB abnimmt. Das geschieht allerdings auf Kosten der Basswiedergabe. Zusätzlich kann der Aufnahmebereich

¹³⁷ vgl. http://www.schoeps.de/D-2004/PDFs/Mikrofonbuch_Kap15.pdf, S. 102, 15.05.06, 13:30

¹³⁸ Birkner, S. 98

¹³⁹ vgl. http://de.wikipedia.org/wiki/Decca_Tree, 15.05.06, 14:15

leicht vergrößert werden, indem die Anordnung nun weiter weg positioniert wird.¹⁴⁰

5.2.11 Fukuda-Tree

Ergänzt man den Decca-Tree um ein 5.1 Format, so erhält man den aus sieben Mikrofonen bestehenden Fukuda-Tree, der dem INA 5 Verfahren ähnelt. Die Kanäle L, C, R, LS und RS werden mit Mikrofonen mit Nierencharakteristik aufgenommen und für die Kanäle LL und RR werden Kugelmikrofone verwendet. Die Mikrofone C, LL und RR sind frontal (0°) ausgerichtet, die Mikrofone L, R und LS, RS haben einen Winkel von $\pm 45^\circ$ bzw. $\pm 135^\circ$.¹⁴¹

Durch die Verteilung der Mikrofone erhält man ein ausgewogenes und räumliches Klangbild. Auch das Centersignal kommt nicht zu kurz, da es sich durch den vergrößerten Abstand zu den hinteren Mikrofonen deutlich abheben kann. Weiters wird das Klangbild durch die beiden seitlichen Kugelmikrofone verbessert, weil diese das LFE-Signal aufzeichnen, das vordere Klangbild verbreitern und einen sauberen Übergang zu den hinteren Signalen schaffen.

Wie bei anderen Mikrofonierungstechniken ist die Wahl des Mikrofons ausschlaggebend für die Qualität des Verfahrens. Durch den komplizierten Aufbau ist diese Technik aber nicht für den mobilen Einsatz vorgesehen.

¹⁴⁰ vgl. Birnker, S. 98

¹⁴¹ vg. Birnker, S. 99

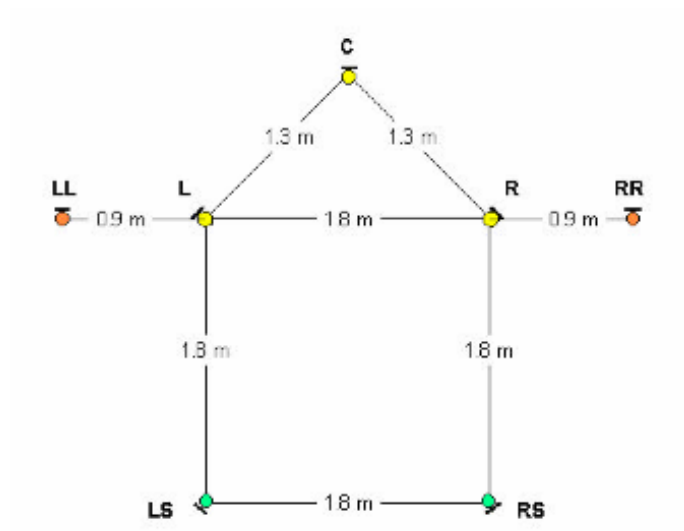


Abb. 23: schematische Darstellung des Fukuda-Tree

6 Entwicklungen

6.1 *Dolby Digital Plus*

Ziel dieses Übertragungsformates ist es, mit den Anforderungen der Medien, die sich stets weiterentwickeln, Schritt zu halten. Dolby Digital ist ein Audiocodec, der vor allem durch seine Flexibilität und digitale Audioqualität besticht. Dazu gehören eine höhere Klangtreue, eine erweiterte Anzahl von Tonkanälen, eine speziell auf Broadcast- und Streaming-Angebote zugeschnittene Technik, sowie eine Kompatibilität zu bestehenden Dolby Codierungen. Hauptaugenmerk dieser Technologie liegt aber dennoch auf den schnell wechselnden Audio- und Videodiensten von Rundfunkeinsatz bis hin zu optischen Medien und der dafür notwendigen Flexibilität des Übertragungsformates.¹⁴²

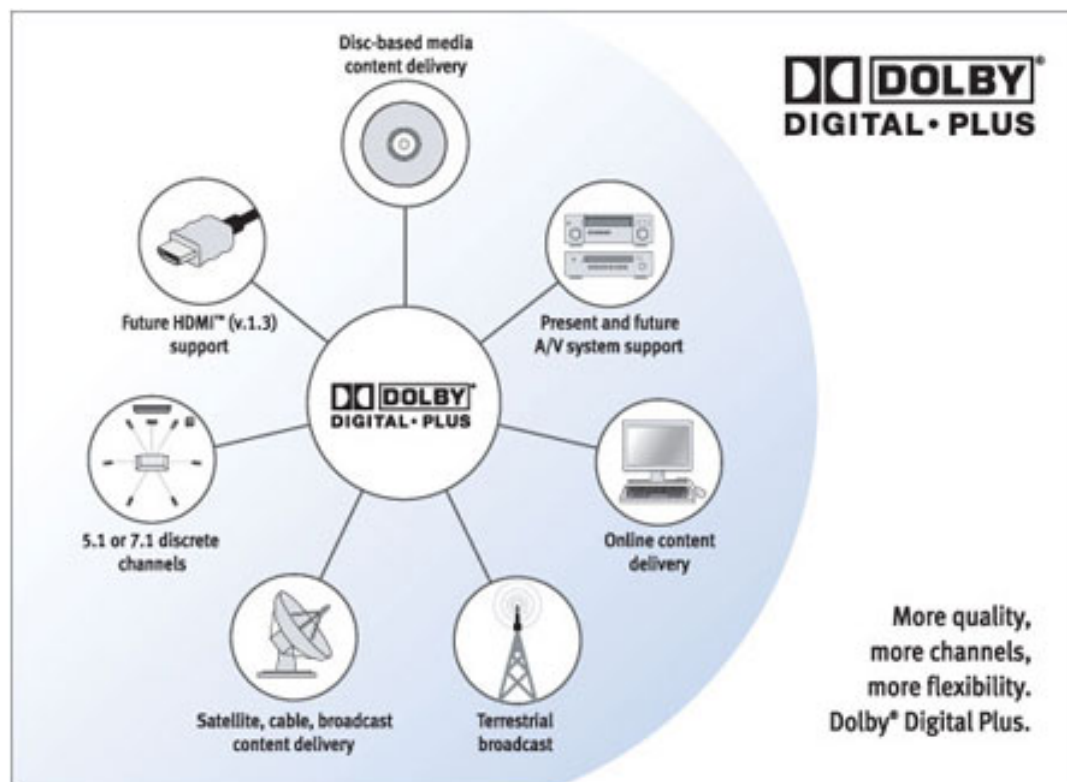


Abb. 24: Anwendungsgebiete von Dolby Digital Plus

¹⁴² vgl. http://www.dolby.de/consumer/technology/dolby_digital_plus.html, 02.07.06, 09:00

Der Datenstrom bei diesem leistungsfähigen Audiocodec wird in ein herkömmliches Dolby Digital-Signal mit 640 Kilobit pro Sekunde umgewandelt und kann dann von allen Receivern verarbeitet werden. Die maximale Datenrate bei Dolby Digital Plus wird dabei von 640 kbps auf 6 mbps erweitert. Ob die daraus resultierende Qualitätsverbesserung auch merkbar ist, hängt dann natürlich von der Anlage ab, auf der sie wiedergegeben wird. Ausgelegt ist diese Technik auf eine Übertragung mittels sieben Kanälen und einem LFE-Kanal. Aber auch eine Wiedergabe via acht und mehr Kanälen ist in diesem Datenstrom möglich. Dank der hohen Datenraten wird aber auch mit einem 5.1 Receiver eine bessere Tonqualität erzielt.¹⁴³

Das Tonformat ist für die HD-DVD vorgeschrieben und kann auch als Format für die Blu-ray-Disc verwendet werden. Durch diesen Audiocodec ist eine Übertragung von mehreren Sprachen in einem einzigen Datenstrom möglich, wobei keine Zeitverzögerungen oder Qualitätsverluste bei der Konvertierung auftreten.¹⁴⁴

6.2 *DTS-HD Master Audio*

Dieses Format unterstützt im Prinzip beliebig viele Kanäle. DTS-HD Master Audio bietet auch eine abwärtskompatible Wiedergabe von 5.1 bis hin zu Zweikanal-Stereo. Die gebotene Audioqualität der Datenraten reicht von DTS Digital Surround bis hin zur verlustfreien Audiokompression. Dieses Übertragungsformat ist ein zusätzliches Mehrkanaltonformat bei Blu-ray und HD-DVD. Die einzigen Audiocodecs, die verlustfreie Audiokompression bei Surround-Sound bieten können und so die höchste Wiedergabequalität bei Mehrkanalton gewährleisten, sind Dolby TrueHD und DTS-HD Master Audio.¹⁴⁵

¹⁴³ vgl. http://www.dolby.com/consumer/technology/dolby_digital_plus.html, 02.07.06, 09:30

¹⁴⁴ vgl. http://www.dolby.de/consumer/technology/dolby_digital_plus.html, 29.06.06, 12:00

¹⁴⁵ vgl. http://en.wikipedia.org/wiki/Digital_Theatre_System, 02.07.06, 10:00

6.3 *Dolby TrueHD*

Wie erwähnt bietet auch Dolby mit TrueHD eine völlig verlustfreie Audio-Datenkompression. Die unterstützten 8.1 diskreten Audiokanäle arbeiten mit einer Abtastrate von 96 KHz bei 24 Bit. Bei der Datenrate von 18 Mbps, mit der diese Technik aufwarten kann, können aber auch mehr Kanäle angesteuert werden. Darüber hinaus ist es mit den heute üblichen wie auch zurzeit geplanten AV-Receivern kompatibel und kann mit jeder Heimkinoanlage wiedergegeben werden.¹⁴⁶

¹⁴⁶ vgl. <http://www.dolby.com/consumer/technology/trueHD.html>, 02.07.06, 10:30

Schlusswort

Es besteht kein Zweifel daran, dass Surround-Sound seit Jahren etabliert ist. Dennoch stellt sich die Frage, warum diese Technologie noch immer nicht der Standard ist. Liegt es vielleicht am Platzmangel, der in manchen Wohnungen und auch Häusern vorliegt, oder einfach an fehlendem Interesse? Warum gehen dann so viele Menschen in die Kinos? Es mag durchaus sein, dass die finanzielle Lage ein Mehrkanalsystem nicht zulässt, es kann aber auch sein, dass mangelnde Kenntnis über die Qualität der Technik viele von einem Kauf zurückschrecken lässt.

Mit Sicherheit ist noch einiges zu tun, sei es im Kino, um neue Attraktionen zu liefern und den Abstand zu den Heimkinos zu wahren, oder bei den heimischen Anlagen, um Standards und „Platz“ zu schaffen. Man kann auf jeden Fall sagen, dass die Mehrkanaltontechnik weiter im Vormarsch ist und die Zuhörer immer wieder ins Staunen und Aufhören versetzt.

Meiner Meinung nach war das Kino Vorreiter für die entwickelten Audioformate, weil, um es auf den Punkt zu bringen, das Kino eine Möglichkeit des Audiogenusses zur Verfügung stellte, den man zu Hause nicht vorfinden konnte. Mittlerweile gibt es aber eine Vielzahl von Geräten, die dieses Erlebnis zu Hause ermöglichen. Auf jeden Fall ist es den meisten audiointeressierten Menschen nicht möglich den Wohnbereich eigens für die Tonanlage umzubauen. Deswegen entscheiden sie sich meistens für ein Stereo System. Zukünftig wird es aber nicht wie im Kino eine große Anzahl von Boxen geben, sondern wenige, die denselben Zweck erfüllen, nämlich einen angemessenen Sweep-Spot. Möglicherweise bietet in Zukunft ein einzelner Lautsprecher alle gewünschten Anforderungen.

Glossar

Atmos: Geräusche am Drehort

Audiocodec: Programm, das Daten oder Signale digital codiert und decodiert

Audioprozessoren: Verarbeitungseinrichtung, die akustische Daten berechnet

AV-Receiver: hier wird der Filmtton der DVD-decodiert und auf 5.1-, 6.1- oder 7.1-Kanäle aufgeteilt und an die angeschlossenen Lautsprecher weitergeleitet

Broadcast: eine Meldung ohne konkreten Empfänger

Center: Lautsprecher in der Mitte vor dem Zuseher oder auch dahinter

Decoder: rekonvertiert Daten eines Encoders

Dekorrelationsprozessor: berechnet die Relation zweier Signale

DVD: Digital Versatile Disc

Encoder: ein System, das spezielle Daten in ein bestimmtes Format umwandelt

Gain: Verstärkung

Head-Tracking-Device: dieses Gerät registriert und reagiert auf Kopfbewegungen

Klirrfaktor: Verzerrungsprodukt, das bei einem einfachen Sinuston auftreten kann

Lautsprecherarrays: Verbund aus mehreren Lautsprechern

Metadaten: beinhalten Informationen anderer Daten

MLP Lossless: verlustfreies Audioformat

MPEG-2: generischer MPEG Standard zur Audiocodierung mit Kompression

MPEG-4: ein MPEG Standard, der Video- und Audiokompression beschreibt

PCM: verlustfreier Kompressionsalgorithmus

Postprocessing: Nachbearbeitung

Streaming: kontinuierliche Übertragung von Daten

Timecode: Zeitstempel, der zum Synchronisieren benutzt wird

Übertragungsformat: dient als Datenspeicherung

usp: unique selling proposition, Angebot, das sich deutlich vom Wettbewerb abhebt

Literaturverzeichnis

Christian Birkner: Surround, PPV Presse Project Verlags GmbH, Bergkirchen, 2002

Wolfgang Schiffner: Lexikon Tontechnik, Verlag Bärenreiter, Kassel, 1995

Philipp Mackensen, Auditive Localization. Head movements, an additional cue in Localization

Hubert Henle: das Tonstudio Handbuch, GC Carstensen Verlag, München, 2001

M. Zollner u. E. Zwicker: Elektroakustik, Springer Verlag, Berlin, 2003

Roland Enders: das Homerecording Handbuch, GC Carstensen Verlag, München 2003

Michael Dickreiter: Handbuch der Tonstudioteknik, K. G. Saur Verlag KG, München, 1997

Onlineliteraturverzeichnis

<http://gerhard.junker.info/publikationen/graphische/audiotechnik.htm>
<http://www.tonaufzeichnung.de>
<http://de.wikipedia.org/wiki/Minidisc>
http://de.wikipedia.org/wiki/Wave_%28Format%29
http://de.wikipedia.org/wiki/Blu_Ray
http://de.wikipedia.org/wiki/HD_DVD
http://www.tonmeister.de/foren/surround/texte/SSF_01_1_2002_v2.PDF
<http://de.wikipedia.org/wiki/Quadrofonie>
<http://de.wikipedia.org/wiki/Quadrofonie#Pseudoquadrofonie>
<http://www.dolby.de/consumer/technology/surround.html>
http://www.dolby.de/consumer/technology/prologic_II.html
http://www.dolby.de/consumer/technology/dolby_digital.html
http://de.wikipedia.org/wiki/Digital_Theater_Systems
http://de.wikipedia.org/wiki/Dolby_Digital_EX
http://www.dolby.de/consumer/technology/prologic_IIx.html
<http://www.sdds.com>
<http://www.dolby.de/consumer/technology/headphone.html>
http://www.dolby.de/consumer/technology/virtual_speaker.html
<http://www.hifi-regler.de/thx/thx.php?SID=c85675ca1e22bc3c2d9a82c1063be859#thx-home>
<http://www.hifi-regler.de/thx/thx.php?SID=c85675ca1e22bc3c2d9a82c1063be859#thx-select-thx-ultra>
<http://www.hifi-regler.de/thx/thx.php?SID=c85675ca1e22bc3c2d9a82c1063be859#thx-ultra-2>
<http://www.thx.com/mod/products/speakermodes.html>
<http://de.wikipedia.org/wiki/IMAX#Geschichte>
http://www.imax.com/ImaxWeb/imaxExperience.do?param_section=thecnoImaxFormat¶m_submenuSelect=thecnoImaxSelect¶m_subLeftSelect=thecnoImaxFormatSelect
http://de.wikipedia.org/wiki/IMAX#IMAX_3D

http://www.imax.com/ImaxWeb/theatres.do?param_section=imaxDome¶m_subMenuSelect=introSelect¶m_subLeftSelect=imaxDomeSelect
http://de.wikipedia.org/wiki/IMAX#IMAX_HD
<http://www.sciencemuseum.org.uk/imax/science-04.asp>
<http://www.idmt.de>
http://recherche.ircam.fr/equipes/salles/WFS_WEBSITE/Index_wfs_site.htm
<http://de.wikipedia.org/wiki/Grenzflächenmikrofon>
http://www.schoeps.de/D-2004/PDFs/Mikrofonbuch_Kap15.pdf
http://de.wikipedia.org/wiki/Decca_Tree
http://www.dolby.de/consumer/technology/dolby_digital_plus.html
http://www.dolby.com/consumer/technology/dolby_digital_plus.html
http://en.wikipedia.org/wiki/Digital_Theatre_System
<http://www.dolby.com/consumer/technology/trueHD.html>

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Quadrofonie, <http://de.wikipedia.org/wiki/Quadrofonie>

Abb. 2: 3/2 Format,

http://www.tonmeister.de/foren/surround/texte/SSF_01_1_2002_v2.PDF, S. 11

Abb. 3: 5.1 Wiedergabe im Heimbereich, Birkner, S. 55

Abb. 4: 5.1 Anordnung im Heimbereich,

http://www.dolby.de/consumer/home_entertainment/roomlayout_tb01.html

Abb. 5: 6.1 Anordnung im Heimbereich,

http://www.dolby.de/consumer/home_entertainment/roomlayout_tb02.html

Abb. 6: 7.1 Anordnung im Heimbereich.

http://www.dolby.de/consumer/home_entertainment/roomlayout_tb03.html

Abb. 7: THX Anordnung im Heimbereich,

<http://www.thx.com/mod/products/speakermodes.html>

Abb. 8: THX, <http://www.thx.com/mod/products/technologies.html>

Abb. 9: IMAX Filmformat,

http://www.imax.com/ImaxWeb/imaxExperience.do?param_section=theCnoImaxFormat¶m_subMenuSelect=theCnoImaxSelect¶m_subLeftSelect=theCnoImaxFormatSelect

Abb. 10: IMAX Dome,

http://www.imax.com/ImaxWeb/theatres.do?param_section=imaxDome¶m_subMenuSelect=introSelect¶m_subLeftSelect=imaxDomeSelect

Abb. 11: Philipp Mackensen, S. 85

Abb. 12: WFS,

http://recherche.ircam.fr/equipes/salles/WFS_WEBSITE/Index_wfs_site.htm

Abb. 13: ME 62, <http://www.musik-service.de/Recording-Mikrofon-Sennheiser-ME-62-prx395497335de.aspx>

Abb. 14: M 260, <http://www.musik-service.de/Mikrofon-Beyerdynamic-M-260-prx395751965de.aspx>

Abb. 15: E 912, <http://www.musik-service.de/sennheiser-e-912-prx395755051de.aspx>

Abb. 16: CMXY 4V, <http://www.schoeps.de/E-2004/xy-stereo.html>

Abb. 17: Brauner ASM 5,
http://www.jcintersonic.com/d/proaudio.d/manufacturerdetail.d.jsp?ID_Display=10007P

Abb. 18: Doppel-MS, <http://www.schoeps.de/D-2004/double-ms.html>

Abb. 19: Doppel-MS-Mikrofon, <http://www.schoeps.de/D-2004/double-ms.html>

Abb. 20: IRT, <http://www.schoeps.de/D-2004/irt-cross.html>

Abb. 21: KFM 360, <http://www.schoeps.de/D-2004/kfm360.html>

Abb. 22: OCT, <http://www.schoeps.de/D-2004/oct.html>

Abb. 23: Fukuda-Tree,
http://iem.kug.ac.at/~sontacchi/hoat/Mikrofonierungstechnikenfuer3_2SurroundSound.pdf

Abb. 24: Dolby Digital Plus,
http://www.dolby.com/consumer/technology/dolby_digital_plus.html

Tabellenverzeichnis

- Tab. 1: http://www.tonmeister.de/foren/surround/texte/SSF_01_1_2002_v2.PDF,
S. 12
- Tab. 2: http://www.kenwood.de/technik_prologic2.htm
- Tab. 3: <http://www.hifiregler.de/thx/thx.php?SID=8323364a774463f412778ad6b464a5fa#thx-select-thx-ultra>