

# 1 Grundlagen der Tonstudiotechnik

Auf den nächsten Seiten werden die Grundlagen und Zusammenhänge im Tonstudio etwas näher betrachtet. Für weiterführende Informationen und Inhalte der Akustik und Audiotechnik ist ein Literaturverzeichnis im Anhang. Besonders zu empfehlen ist das Handbuch der Tonstudiotechnik<sup>1</sup>

Zuerst erfolgt eine Vorstellung der räumlichen Gegebenheiten eines Tonstudios sowie ein Überblick bzgl. der typischen Soft- und Hardwarekomponenten. Um die nötigen Basisinformationen zu erhalten, werden danach die verschiedenen Soundanordnungen aus dem Heim- und Kinobereich sowie ein paar Codierungsverfahren, die gerne mit Soundanordnungen verwechselt werden, betrachtet. In der Audioforschung wurde der Grundstein für die Surround- und 3D-Klangwelt gelegt. Ein kleiner Ausflug zu den derzeitigen 3D-Technologien rundet die Grundlageninformationen ab. Ab Kapitel 1.5 wird die Projektplanung eines kürzlich realisierten Tonstudios an der TH Deggendorf in Form von vier möglichen, aktuellen Mischpultkonzepten skizziert.

## 1.1 Das Tonstudio

Klassische Tonstudios zur Aufnahme von Musik, speziell Studios für große Ensembles (wie Orchester, Chöre und Bigbands), bestehen in der Regel aus mehreren Räumen oder Teilräumen. Die Räume sind in der Regel mit Sichtfenstern zur Regie ausgestattet und über Kabelwege mit einander verbunden. Für Sprachaufnahmen reicht ein guter Aufnahmeraum völlig aus. Die Räume müssen gegen Störgeräusche von außen, die ansonsten auf der Aufnahme zu hören wären, gut abgeschirmt sein. Zudem muss die Akustik im Raum optimiert sein, teilweise kann diese verändert und angepasst werden. Variable Deckensegel oder mobile Stellwände sind hier ein Mittel.

### 1.1.1 Der Aufnahmeraum

Im Aufnahmeraum werden Instrumente, Gesang, Sprache oder andere Geräusche mit Mikrofonen abgenommen. Je nach Band oder Ensemble sind hier verschiedene Aufnahmetechniken möglich. Von Mono-, Stereo- und Surroundverfahren bis hin zu 3D-Anordnungen ist alles möglich. Die Instrumente einer Band können, je nach Größe des Aufnahmeraums, zusammen oder nacheinander eingespielt werden. Beide Varianten haben

---

<sup>1</sup> Dickreiter, Dittel, Hoeg, Wöhr; 2008

Ihre Vor- und Nachteile. Spielt die Band zusammen, ist der „Groove“ und die Interaktion mit den Kollegen möglicherweise besser. Verspielt sich jedoch ein Musiker innerhalb eines Musikstücks, hat das zur Konsequenz, dass die komplette Band wieder von vorne beginnen muss. Ein Schnitt funktioniert in den meisten Fällen nicht, zudem sind die Musiker innerhalb der Bandaufnahmen auch abgelenkter. Spielen alle Musiker ihre Instrumente nacheinander ein, kann konzentrierter gearbeitet und effizienter geschnitten werden. Allerdings geht die Bandchemie dadurch etwas verloren. Der Klang und die Nachhallzeit im Aufnahmezimmer sind sehr wichtig, um qualitativ hochwertige Aufnahmen zu erhalten. In der Regel bewegt man sich mit Musikaufnahmen bei einer Nachhallzeit von 0,2 bis 0,8 Sekunden, bei Sprachaufnahmen sogar noch darunter. Ein entspanntes, freundliches Ambiente und gutes Klima wirkt sich positiv auf die Künstler aus.



**Abbildung 1.1: Aufnahmezimmer im Tonstudio bei Schlagzeugaufnahme**

### **1.1.2 Der Regieraum**

Hier laufen alle Mikrofonsignale aus den Aufnahmezimmern zusammen. Es ist der Hauptarbeitsplatz des Tonmeisters, Toningenieurs oder Tontechnikers. Typischerweise steht am zentralen Platz ein Mischpult. Bei den Aufnahmen ist oft ein Produzent oder Aufnahmeleiter dabei, er kümmert sich um die kreative Ausrichtung der Musik oder Sprachaufnahmen. Über ein Mikrofon können die Anweisungen und Kommentare an die Künstler im Aufnahmezimmer kommuniziert werden. Zudem kann bereits vorhandenes Material oder ein Metronom-Signal von hier aus zugespielt werden. Im Regieraum werden hochwertige, aktive Lautsprecher zur Kontrolle der Signale bei der Aufnahme eingesetzt. Im späteren Misch- und Masteringprozess wird ebenfalls darauf abgehört, die Produktion bewertet und optimiert. Die Aufstellung der Boxen sollte in einem 60 Grad Winkel und je nach Boxengröße passendem Hörabstand erfolgen. Die Nachhallzeit im Regieraum muss möglichst neutral und über den ganzen Frequenzbereich unter 0,3 Sekunden liegen. Viele

Regieräume sind nach dem LEDE<sup>2</sup>-Konzept eingerichtet. Der vordere Teil des Regieraums ist stark absorbierend ausgestattet, im hinteren Bereich dagegen sind Diffusoren angebracht die den Schall der Lautsprecher zerstreuen und direkte Reflexionen verhindern. Für Abhörräume bei offiziellen Vergleichstests muss sich an die ITU<sup>3</sup>-Norm BS.1116-1, gehalten werden.



Abbildung 1.2: Regieraum im Tonstudio

### 1.1.3 Der Maschinenraum

In früheren Zeiten benötigten die analogen Mischpulte mehrere externe Netzteile die gerne brummt und viel Wärme abgaben, Bandmaschinen haben eine ähnliche Konstruktion. Dies führt sehr schnell zu thermischen- und akustischen Problemen.

Vor allem laute Lüfter erzeugen Störgeräusche und viel Abwärme. Aus diesen Gründen wird die Technik in einen benachbarten, idealerweise klimatisierten Raum ausgelagert, der Maschinen- oder Technikraum. Die Verbindungen vom Regieraum zu den Geräten im Maschinenraum müssen geplant und verlegt werden. Dank moderner Netzwerktechnologien stellt das aber kein Problem mehr dar. Sämtliches Zubehör wie externe Festplatten, Videomatrixsysteme, Taktgeneratoren oder die Interfaces werden ebenfalls im Maschinenraum untergebracht. In kleineren Projektstudios sind die Technik und der PC<sup>4</sup> dagegen direkt im Raum untergebracht. Deshalb wird in solchen Fällen versucht, mit speziellen Gehäusen und Lüftern zu arbeiten, was nur bedingt funktioniert.

---

<sup>2</sup>LEDE: Live End Dead End

<sup>3</sup>ITU: International Telecommunication Union

<sup>4</sup>PC: Personal Computer

## 1.2 Software

Audiosoftwareprogramme bieten mit einer virtuellen Oberfläche die Möglichkeit, Signale aufzunehmen und zu editieren. Die Einsatzmöglichkeiten sind sehr weit gefächert, als Bandmaschine, Midi-Sequencer, Synchronisationsgerät für Video und Mastering Tool für die Erstellung einer CD<sup>5</sup>. Das Standardwerkzeug im heutigen Tonstudio ist der Computer mit der entsprechenden Software. Waren vor vielen Jahren noch große Studiokonsolen und Bandmaschinen mit 48 Kanälen und mehr notwendig, um professionelle Aufnahmen zu erstellen, kann dies heute schon mit einem leistungsfähigen Computersystem erledigt werden.

### 1.2.1 Das Betriebssystem

Die Grundlage und Schnittstelle jedes Computers bildet das Betriebssystem. Hier werden die Softwareprozesse und Hardwarekomponenten miteinander verknüpft. Im Markt agieren drei große Namen: Microsoft mit dem Windows Betriebssystem, Apple mit dem Mac OSX<sup>6</sup> Betriebssystem und die Linux-Architektur. Letztere hat in der Musikproduktion wenig Bedeutung. Seit Apple 2006 auf die Intel-Prozessor-Plattform umgestiegen ist sind die Preise attraktiver und die Akzeptanz im Markt größer geworden. Die Vor- und Nachteile der Mac- oder PC-Nutzung halten sich in Waage. Bei Macintosh wird nach wie vor viel Wert auf Design gelegt, aber auch die Personal Computer holen in dem Bereich auf. Der PC ist in der Anschaffung günstiger und somit weiter verbreitet. Ein großer Vorteil von Macs ist, dass man dort beide Systeme installieren kann. Vorurteile, dass das Mac OSX- gegenüber dem Windows-Betriebssystem eindeutig besser und stabiler ist, sind nicht mehr haltbar. Keinen Unterschied geben sich die PCs und Macs, wenn man die erhältlichen Softwareprodukte für Audiorecording und Mixing betrachtet: Manche Firmen entwickeln ausschließlich für eine Plattform, z.B. Apples Logic Pro. Andere Hersteller liefern zuerst für PC aus und Monate später für Mac oder umgekehrt. Schlussendlich stehen aber für beide Systeme ausreichend Software- und Treiberlösungen zur Verfügung.

---

<sup>5</sup>CD: Compact Disk

<sup>6</sup>Mac OSX: Macintosh Operating System 10



Abbildung 1.3: Logos von Apple und Microsoft Windows

### 1.2.2 Digitale Audio Workstation DAW<sup>7</sup>

Der Begriff Digitale Audio Workstation kommt aus der Zeit als die analogen Bandmaschinen von Festplattensystemen (engl. Harddisks) abgelöst wurden. Damals waren die Rechner noch nicht so leistungsfähig, die ersten DAWs eigentlich HD<sup>8</sup>-Recorder. Seit Mitte der 90er Jahre kamen Softwarelösungen auf den Markt die mit entsprechender Hardware in Form von hochwertigen Audiokarten digitale Tonverarbeitung ermöglichten. Als Digitale Audio Workstation (DAW) bezeichnet man also ein Computergestütztes System für die Aufnahme, Produktion, Abmischung oder das Mastering von Audiosignalen. Die DAW ist ein Verbund digitaler Geräte zur Aufzeichnung und Verarbeitung von Schallsignalen und hat eine hohe Integration einzelner Komponenten. Heute gibt es eine Vielzahl von Softwareprodukten die gerne als Sequenzer oder ebenfalls unter der Bezeichnung DAW vertrieben werden.

---

<sup>7</sup>DAW: Digitale Audio Workstation

<sup>8</sup>HD: Hard Disk

										
Version	7	11	X	2	9	X3	11	7	4	T4
Windows / Mac OS / Linux	* / * / -	* / * / -	- / * / -	* / * / -	* / * / -	* / * / -	* / Beta / -	* / * / -	* / * / -	* / * / *
Nativ für 64 Bit	*	*	*	*	*	*	Beta	*	*	*
Deutsche Version	*	-	*	*	*	*	-	*	-	*
Varianten	Cubase Elements   Cubase Artist   Cubase	Pro Tools Express   Pro Tools (nativ)		Free   Artist   Producer   Professional	Intro   Standard   Suite	Sonar   Sonar Studio   Sonar Producer	Fruity Edition   Producer Edition   Signature Bundle	Reason Essentials   Reason		
<b>BASICS</b>										
Max. physikalische I/O	24   32   256	4/4   32/32	unbegrenzt	unbegrenzt	4/4   256/256   256/256	unbegrenzt	unbegrenzt	unbegrenzt	unbegrenzt	unbegrenzt
Audio Engine	32 Bit	32 Bit	32 Bit	32   32   32   64 Bit	32 Bit (64 Bit an einzelnen Mix-Punkten)	64 Bit	32 Bit	64 Bit	64 Bit	32 oder 64 Bit wählbar
Audio-Spuren	48   64   unbegrenzt	16   96/48/24 bei 48/96/192 kHz	255	unbegrenzt	16   unbegrenzt   unbegrenzt	unbegrenzt	99	unbegrenzt	unbegrenzt	unbegrenzt
MIDI-Spuren	64   128   unbegrenzt	512	255	unbegrenzt	16   unbegrenzt   unbegrenzt	unbegrenzt	99	unbegrenzt	unbegrenzt	unbegrenzt
Max. Bit-Tiefe	32 Bit	32 Bit	24 Bit	32 Bit	32 Bit	64 Bit	32 Bit	unbegrenzt	32 Bit	32 Bit
Max. Sample-Rate	192 kHz	96   192 kHz	192 kHz	192 kHz	192 kHz	384 kHz	48 kHz	unbegrenzt	192 kHz	192 kHz
Mixerkannäle	unbegrenzt	128	765	unbegrenzt	unbegrenzt	unbegrenzt	103	unbegrenzt	unbegrenzt	unbegrenzt
Busse	unbegrenzt	256	64	unbegrenzt	unbegrenzte Submix-Busse, 12 Returns	unbegrenzt	4 globale Send-Busse	unbegrenzt	unbegrenzt	8
Inserts pro Kanal	8	10	15 (bzw. 8 MIDI-Plugins)	unbegrenzt	unbegrenzt	unbegrenzt	8	unbegrenzt	unbegrenzt	unbegrenzt
Sends pro Kanal	8	10	8	unbegrenzt	2   12   12 pro Projekt	unbegrenzt	siehe Busse	4   8	unbegrenzt	unbegrenzt
<b>DATEIFORMATE LESEN / SCHREIBEN</b>										
WAV	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
AIFF	*	*	*	*	*	*	* / -	*	*	*
FLAC	*	*	-	*	*	*	-	-	*	*
REX	*	* / *	via REX Shared Library	* / -	-   *   *	*	* / -	*	* / -	* / -
MP3	via Addon   via Addon   *	*	*	Ab Producer	*	via SoundCloud bzw. 30 Tage Demo	*	* / -	*	*
OGG	*	-	-	*	*	*	*	-	*	*
AAC	-	-	*	-	* / -	-	-	-	-	* / -
<b>PLUGIN-FORMATE</b>										
VST2.4 / VST3 / AU	* / * / -	-	- / - / *	Ab Producer * / * / *	* / * / *	* / * / -	* / * / -	-	* / - / *	* / - / *
SampleTime	*	AAX, 10M, 8M, AudioSuite	-	Ab Producer	*	*	BA, PL, Buzz	Rack Extensions	DX, JS	LAOSRA
ReWire	*	*	*	Ab Producer	*	*	*	*	*	*
Bit Bridge (32 -> 64 Bit)	*	*	-	-	-	*	*	-	*	-
<b>LIEFERUMFANG</b>										
Instrumente	3   8   8	75 (incl. Effects)	18	1   4   4   4	3   4   10	12   19   23	15+	11	-	-
Effects	44   47   66	*	67	9   26   26   31	19   31   34	27   51   57	40+	23	8 (plus editierbare Script-Effects)	16
Samples	5,8 GB	9 GB	30 GB	-   2,5   16   19 GB	4   11   54 GB	-   -   1,2 GB	2 GB (+640 MB in Box-Versionen)	3 GB	-	-
<b>ERWEITERTE FEATURES</b>										
Notensatzfunktionen	* (in Elements & Artist eingeschrieben)	*	*	-	-	*	-	-	-	-
Tonhöhenkorrektur à la Melodyne	*	*	*	-   DEMO   DEMO   *	*	*	-	-	* (via PLUGIN-CREATOR)	-
Beat Slicing an Transienten	*	*	*	*	*	*	Ab Producer	*	*	-
Clip-Matrix	*	*	*	*	*	*	*	*	*	-

Abbildung 1.4: Software Vergleich, Quelle Delamar.de

### 1.2.2.1 Avid Pro Tools

Pro Tools ist eine Software der amerikanischen Firma AVID (früher DigiDesign), sie dient zur Musikproduktion und ist besonders in professionellen Tonstudios weltweit sehr verbreitet.

Ursprünglich war Pro Tools eine reine Audio-Software und wurde schrittweise um MIDI<sup>9</sup>-Funktionen erweitert. Alternative Programme begannen dagegen als MIDI-Software, die um Audiofunktionen erweitert wurden. Daraus resultieren unterschiedliche Stärken und Schwächen im Bedienungskonzept. Pro Tools gilt bis heute als vorbildlich für Audioverarbeitung, jedoch als weniger praktisch für MIDI-Editing.

<sup>9</sup>MIDI: Musical Instrument Digital Interface



**Abbildung 1.5: ProTools HD**

Pro Tools ist zudem in verschiedenen Versionen erhältlich, welche sich im Wesentlichen durch die Anzahl an unterstützter Spuren und Ausgabeformate unterscheiden:

Pro Tools Ultimate x.x	(DSP <sup>10</sup> -Basiert im Verbund mit einer DSP-Karte und nur lauffähig mit einem AVID-Audiointerface)
Pro Tools Native x.x	(native Version - ohne DSP Karte, Host-basiert)
Pro Tools   First	(kostenlose Einsteigerversion)

x.x steht für die Versionsnummer, derzeit ist die Version 2020.9 die aktuellste Variante. Pro Tools bietet zwei Möglichkeiten zur Darstellung einer Session: Zum einen über das Mix-Fenster und zum anderen über das Edit-Fenster. Darüber hinaus ermöglicht das Transport-Fenster in Pro Tools Steuerfunktionen wie Start, Stopp, Play oder Record.

### **1.2.2.2 Steinberg<sup>11</sup> Cubase und Nuendo**

Die Steinberg Media Technologies GmbH ist ein in Hamburg ansässiges Unternehmen, in dessen Produktpalette sich Software wie Cubase, Nuendo und Wavelab befinden. Zudem wird Hardware zur digitalen Produktion und Bearbeitung von Musik für den professionellen Einsatz vertrieben.

Das Unternehmen wurde 1984 von Karl „Charly“ Steinberg und Manfred Rürup gegründet. Steinbergs erstes Produkt war der MIDI Sequenzer Steinberg Pro 16 für den Commodore 64. Im Januar 2003 wurde die Marke Steinberg von dem US-Unternehmen Pinnacle

---

<sup>10</sup>DSP: Digital Signal Processor

<sup>11</sup>[https://de.wikipedia.org/wiki/Steinberg\\_Media\\_Technologies](https://de.wikipedia.org/wiki/Steinberg_Media_Technologies)

Systems übernommen, in dem Steinberg weitgehend unabhängig seine Produktpalette um Cubase weiterpflegen konnte. Ende 2004 hat Pinnacle den Verkauf von Steinberg an Yamaha bekanntgegeben.



Abbildung 1.6: Steinberg Nuendo und Logo

Im Rahmen der Entwicklung seines Flaggschiffs, dem Sequenzer Cubase, definierte Steinberg die VST<sup>12</sup> -Schnittstelle, mittels welcher externe Programme als virtuelle, über MIDI spielbare, Instrumente eingebunden werden können. Mit Cubase 4 stellte das Unternehmen die dritte Version des VST-Standards vor, die neben einigen technischen Neuerungen auch die qualitative Etikettierung von Plug-Ins einführt. Im Jahr 2020 hat Steinberg Cubase 10.5 und Nuendo 10 vorgestellt.

Um bei der Ausgabe der Klänge die Verzögerung durch die Audiohardware möglichst gering zu halten, legte Steinberg außerdem auch die Audiotreiberschnittstelle ASIO<sup>13</sup> fest, um Hardwareherstellern das Bereitstellen von spezialisierten Treibern zu ermöglichen.

---

<sup>12</sup>VST: Virtuelle Studio Technologie

<sup>13</sup>ASIO: Audio Stream Input Output



Abbildung 1.7: Nuendo Projektfenster

In Abbildung 2.7, dem Projekt Fenster von Nuendo finden sich alle Infos über das Projekt, die Werkzeuge, die enthaltenen Audio-/Video-/Midi-Spuren, die Rackansicht mit enthaltenen VST-Instrumenten und der Media Bay sowie ganz links den Inspector. Dieser zeigt die Bedienelemente und Parameter für die jeweilige ausgewählte Spur an.

In der MixConsole kann man einen Mix in Stereo- und Surround-Qualität erzeugen. Hier können Pegel, Panorama, Solo- und Stummschalten-Status usw. für Audio- und MIDI-Kanäle gesteuert werden. Außerdem besteht die Möglichkeit, das Eingangs- und Ausgangs-Routing für mehrere Spuren oder Kanäle gleichzeitig einzustellen.



Abbildung 1.8: Nuendo Mixerfenster

### 1.2.2.3 Apple Logic <sup>14</sup>

Logic ist ein Software-Audio- und Midisequencer der Firma Apple. Logic war als Pro- oder als Express-Version erhältlich. Aktuell wird nur noch die Pro-Version in der Version Logic X vertrieben.

Bis zur Version Logic 6 wurde die Software von dem deutschen Unternehmen Emagic entwickelt. Apple übernahm Emagic im Jahr 2002 und stellte die Weiterentwicklung von Logic für das Betriebssystem Microsoft Windows ein. Seitdem ist Logic ausschließlich für OS X erhältlich. Die letzte Version, die unter Windows betrieben werden kann, ist Logic 5.5.1. Während Version 6 noch den Namen Emagic trug, ist Logic seit Version 7 offiziell ein Apple-Produkt.

Des Weiteren konsolidierte Apple die über 20 verschiedenen Emagic-Produkte, unter anderem alle Instrumente und Effekt Plug-Ins, die CD Authoring Software Waveburner und das Pro Tools support package in ein einzelnes Produkt. Dieses wird Logic Pro genannt.

Das Programm unterscheidet zwischen mehreren Spurtypen: unter anderem MIDI, Audio, Film, Plug-In- und Mischpult-Automationsspuren und hat ein Edit und ein Mixfenster.



Abbildung 1.9: Logic Pro X im Editfenster

<sup>14</sup>[https://de.wikipedia.org/wiki/Logic\\_Pro](https://de.wikipedia.org/wiki/Logic_Pro)

### 1.2.3 Plug-Ins

Audio-Plug-Ins werden in eine sogenannte Host Software eingebunden. Die Host Software kann eine DAW (wie auf den vorherigen Seiten beschrieben), ein Audio Editor oder ein sonstiges Musikprogramm sein. Der Host stellt eine oder mehrere Schnittstellen bereit, über die ein Plug-In implementiert werden kann.



Abbildung 1.10: Audio Plug-Ins verschiedener Hersteller

Nutzt man Software auch zum MIDI-basierten Arrangieren, werden virtuelle Instrumente benötigt und als Plug-In eingebunden. Plug-Ins sind im Grunde kleine Unterprogramme, die in der Sequenzer-Software geladen werden. Die meisten Sequenzer-Programme werden bereits mit einigen solcher Plug-Ins ausgeliefert. Wenn man aber hochwertigen Instrumentensound oder Messinstrumente verwenden möchte, muss man auf das Angebot der zahlreichen Drittanbieter wie Waves, Sonnox, RTW, Izotope usw. setzen.

#### 1.2.3.1 VST<sup>15</sup>

Die Abkürzung VST steht für Virtual Studio Technology (engl. für virtuelle Studiotechnologie). Es ist der Markenname eines Software-Protokolls für die Musik- und Tonproduktion. Das Unternehmen Steinberg Media Technologies hat die VST Technologie ursprünglich für sein Sequenzer-Programm Cubase im Jahr 1996 entwickelt. Es etablierte sich jedoch einige Jahre später als Industriestandard. Wenn ein Entwickler heute ein Plug-

<sup>15</sup>VST: Virtual Studio Technology, [https://de.wikipedia.org/wiki/Virtual\\_Studio\\_Technology](https://de.wikipedia.org/wiki/Virtual_Studio_Technology)

In für ein großes Audioprogramm herstellt, stattet er es typischerweise mit dem VST-Protokoll aus.



Abbildung 1.11: VST Logo<sup>16</sup>

VST dient dazu, den Entwicklern von digitalen Instrumenten oder Effekten Zugang zum Hauptprogramm (Host, englisch für Wirt) zu geben, mit dem die Komposition oder Produktion erzeugt wird. Technisch formuliert ermöglicht VST den Dialog zwischen einem VST-Host und virtuellen Instrumenten (VSTi) und Effekten, die sich dadurch innerhalb des Sequenzer-Programms als Plug-In betreiben lassen.

Die Technologie, das Plug-In als DLL<sup>17</sup> -Paket direkt in den Host zu laden, bietet eine sehr effiziente Anbindung. Zum Zeitpunkt der Entwicklung von VST in den 90er Jahren stellte dies, aufgrund geringer Rechenleistung der Computer, ein vorrangiges Entwicklungsziel dar.

### 1.2.3.2 RTAS<sup>18</sup> und AAX<sup>19</sup>

Pro Tools erlaubt das modulare Einbinden von Plug-Ins für die Realisierung verschiedenster Audio-Effekte. Dabei bedient man sich zur digitalen Kommunikation eines eigenen Standards: Real Time Audio Suite, kurz RTAS, ist eine proprietäre Plug-In-Schnittstelle, die von Digidesign entwickelt wurde. Die Schnittstelle ist im Gegensatz zu VST nicht offen gelegt. Im Gegensatz zu der ebenfalls von Pro Tools verwendeten TDM<sup>20</sup> -Schnittstelle wird die Rechenleistung nativ (auf der Rechner-CPU<sup>21</sup>) und nicht auf der externen Pro-Tools-Hardware durchgeführt. In der Version 10 führte Avid das neue Plug-In-Format Avid Audio Extensions, kurz AAX ein, welches es ermöglicht Pro Tools-Sessions, die auf einem HD-System erstellt wurden ohne Klangverluste auf einem nativen System zu öffnen und umgekehrt. Das Programm erkennt automatisch, ob zur Berechnung des AAX-Plug-Ins die

---

<sup>16</sup> <http://www.Steinberg.de>

<sup>17</sup>DLL: Dynamic Link Library

<sup>18</sup>RTAS: Real Time Audio Sweet; [https://de.wikipedia.org/wiki/Pro\\_Tools#Plug-ins](https://de.wikipedia.org/wiki/Pro_Tools#Plug-ins)

<sup>19</sup>AAX: Avid Audio Extension

<sup>20</sup>TDM: Time Division Multiplexing

<sup>21</sup>CPU: Central Processing Unit

DSP-Leistung eines HD-Systems zur Verfügung steht, oder ob auf die Rechenleistung der Host-CPU zugegriffen werden muss.

### 1.2.3.3 AU<sup>22</sup>

AU steht für Audio Unit und ist ein weiteres Plug-In Format. Es können alle Formen der dynamischen, spektralen und auch zeitlichen Effekte realisiert werden, zudem natürlich Software Instrumente angesprochen werden. Allerdings lässt sich AU nur in der Apple Umgebung nutzen da es auf die Core Audio Technologie setzt. Die AU Plug-Ins sind somit Plattformgebunden und laufen nicht PC basiert. Apples Logic hat bis Version 6 auch die VST Schnittstelle unterstützt, ist dann aber davon abgekommen. Um trotzdem noch VST Plug-Ins unter Logic zu nutzen gibt es von der Firma FXPansion einen VST to AU Adapter. Eigentlich ebenfalls wieder ein Plug-In welches das AU Format als Host nutzt um VST Plug-Ins anzusprechen.

## 1.3 Hardware

Im Tonstudio wird eine Menge an Hardware benötigt. Die Signalkette geht hier von der Quelle, z.B. einem Mikrofon, über ein Kabel zu einem Interface oder Mikrofon-Vorverstärker. In der Regel erfolgt eine Analog/Digital Wandlung und bringt die Signale so in einen Rechner. Die Computerarchitektur und Softwareumgebung wurde in 2.2. bereits aufgeführt. Im folgenden Unterkapitel werden die wichtigsten externen Gerätschaften vorgestellt.

### 1.3.1 Kabel

Symmetrische Signale von z.B. Mikrofonen werden über drei Leitungen geführt: Zum einem über dem Schirm bzw. dem 0-V-Potential, zum anderen über zwei Leitungen mit dem Nutzsignal („hot“), wobei das zweite, gleiche Nutzsignal in der Phase um 180° gedreht ist („cold“). Die beiden Signale würden sich somit in diesem Zustand zueinander komplett aufheben. Vor dem Zusammenführen dieser Signale am Empfänger wird aber nun das invertierte Signal nochmals invertiert.

Sollten sich nun zuvor auf der Leitung Störungen eingestreut haben, würden diese auf beiden Adern in gleicher Phase aufliegen und sich nun bei der Invertierung im Empfänger aufheben. Bei längeren Signalstrecken sind somit vor allem bei Mikrofonensignalen (geringe

---

<sup>22</sup>AU: Audio Unit

Signalpegel) symmetrische Kabel besonders wichtig. Wenn ein Gerät nur unsymmetrische Ausgänge besitzt (E-Bass, Akustische Gitarre) kann dieses mit Hilfe einer DI<sup>23</sup>-Box in ein symmetrisches Signal gewandelt werden.

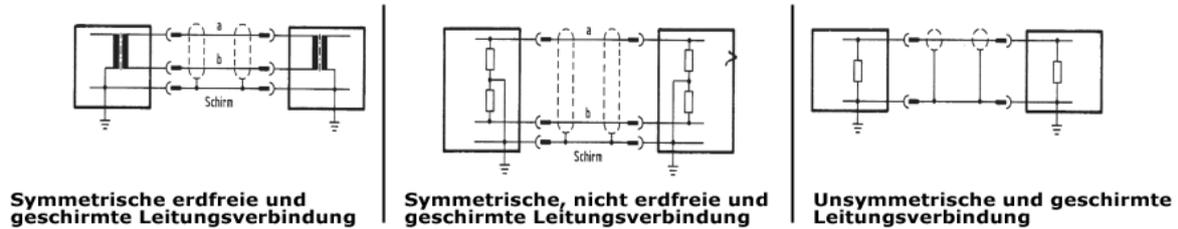


Abbildung 1.12: Symmetrische und unsymmetrische Signalführung. [Handbuch der Tonstudiotechnik II, S.91]

### 1.3.2 Interface

Um einen Rechner audiomäßig an die Außenwelt anzubinden, benötigt man ein Audio-Interface. Ohne eine professionelle Audioschnittstelle ist der Computer für Recordings nicht zu gebrauchen. Das Audio-Interface ist damit eine der wichtigsten Komponenten überhaupt in einem Tonstudio. Eines der bedeutendsten Leistungsmerkmale eines Audio-Interfaces ist die verwendete Treiberarchitektur. Onboard- und Multimedia-Soundkarten sind für Recordings ungeeignet. Infolge der schlechten Abschirmbarkeit im Computer sind die Audiowerte zumeist sehr schlecht (hohes Rauschen, Brummen, induktive Einstreuungen etc.). Das Hauptproblem liegt an den System-Treibern auf die solche Karten zugreifen und sehr hohe Latenzen verursachen. Wenn beispielsweise zu einem bestehenden Playback ein Gesang aufgenommen wird, kommt es zu einem zeitlichen Versatz von nicht selten 200 Millisekunden oder mehr zwischen Playback und Gesang. Dieser Versatz macht eine vernünftige Gesangsperformance unmöglich.

Audio-Interfaces arbeiten daher nicht mit den Treibern des Betriebssystems, sondern mit ASIO-Treibern oder Core Audio-Treiber. Diese ermöglichen eine direkte, schnelle Kommunikation der Recording-Software mit dem Audio-Interface. Hierdurch können die Latenzen in einen niedrigen, einstelligen Millisekunden-Bereich gedrückt werden.

In der Regel sind bei Audiointerfaces die Wandler in einem externen Gehäuse untergebracht. Durch die Auslagerung der Anschlüsse erhält man eine verbesserte Abschirmung und die

<sup>23</sup>DI: Direct Injection

Anschlüsse sind einfacher erreichbar. Meist wird eine Verbindung via USB, Thunderbolt oder Firewire benutzt.



Abbildung 1.13: RME Interface Babyface, Quelle [www.synthax.de](http://www.synthax.de)

### 1.3.3 Lautsprecher

Lautsprecher wandeln elektrische Signale in Schalldruck um. Diese Transformation vollzieht sich grundsätzlich in zwei Schritten. Zuerst wird aus der elektrischen Wechselspannung des Signals eine mechanische Bewegung einer Membran generiert (elektro-mechanische Wandlung), welche dann ihre Bewegungsenergie in akustische Schallenergie überträgt (mechanisch-akustische Wandlung). Es findet also eine Umwandlung des Signals von elektrischen, in mechanische zu akustischen Energieinhalten statt. Die Art der elektromechanischen Wandlung ist ausschlaggebend für die Bezeichnung des Lautsprechertyps.<sup>24</sup>

Im Studiobereich hat sich der aktive Lautsprecher praktisch vollständig durchgesetzt. Der aktive Lautsprecher hat gegenüber der passiven Bauweise einige entscheidende Vorteile, die sich letztlich in einer besseren Klangqualität niederschlagen.

---

<sup>24</sup> Bergweiler, Görne, Monitoring, 2004, S. 20



Abbildung 1.14: Genelec 2-Weg Studio Monitor<sup>25</sup>

Die Größe des Lautsprechers hat direkten Einfluss auf die Klangqualität. Für eine gute Basswiedergabe benötigt man Lautsprecher mit ausreichend großem Tieftöner und Boxenvolumen. Kleine 5"-Lautsprecher können prinzipiell keine kräftige Basswiedergabe bis zu tiefsten Frequenzen realisieren. Ist eine kräftige Basswiedergabe ein wichtiges Kriterium, sollte man eher größere Modelle verwenden. Allerdings benötigt man bei größeren Lautsprechern auch größere Hörabstände. Sitzt man zu nah an großen Boxen, erhält man kein homogenes Klangbild. Bei weiteren Hörabständen gewinnt wiederum der Raumklang an Einfluss. Für eine gute Abhörsituation ist es folglich entscheidend, dass die Akustik im Raum stimmt.

Der Lautsprecher soll ein möglichst neutrales Klangbild wiedergeben, also linear abstrahlen. An dieser Stelle geht es nicht um Schönfärberei. Es hilft der Produktionen nicht, wenn die Lautsprecher ein tolles HiFi<sup>26</sup>-Klangbild liefern, die Mischungen aber auf anderen Ausgabegeräten total anders und vermutlich schlechter klingen. Einen Mix, der auch auf anderen Wiedergabesystemen gut klingt, bekommt man am besten mit neutralen Lautsprechern hin.

### 1.3.4 Kopfhörer

Der Kopfhörer als Abhörwerkzeug sollte im Studio nicht fehlen. Sie werden vor allem benötigt, um den Musikern eine Metronomspur oder auch ein Playback, zu dem sie spielen oder singen können, anzubieten. Bei Mikrofonaufnahmen ist das die einzige Möglichkeit, ohne dass das Playbacksignal ebenfalls vom Mikrofon wieder mitaufgezeichnet wird.

---

<sup>25</sup> <http://www.genelec.com>

<sup>26</sup>HiFi: High-Fidelity

Für den Aufnahmeraum sind geschlossene Kopfhörer die erste Wahl. Diese dämpfen nicht nur Schall von außen, sondern unterdrücken auch das Übersprechen vom Kopfhörer in das Mikrofon. Dies ist besonders bei Gesangsaufnahmen wichtig, bei welchen der oder die Sänger(in) sehr nah vor dem Mikrofon steht.

Für eine Mischung nimmt man gerne halboffene Kopfhörer, der Tragekomfort ist hier bei längerem arbeiten angenehmer. Zudem können Binaurale Technologien hiermit bewertet werden. Aufgrund der In-Head Lokalisation und den oft beschönigten Frequenzgängen empfiehlt es sich aber die finale Mischung auf Lautsprechern zu erstellen.



Abbildung 1.15: Beyerdynamic geschlossene Studiokopfhörer<sup>27</sup>

## 1.4 Soundanordnungen und Formate

1879 gelang es erstmalig Thomas Alva Edison mit seinem „Phonograph“ Schall zu reproduzieren<sup>28</sup>. Dieser Phonograph zeichnete die Schallwellen auf eine stanniolbeschichtete Walze auf (Edison- oder Tiefenschrift), welche daraufhin wieder abgetastet werden konnte und dabei die aufgezeichneten Schallwellen wiedergab. Es stellte zwar ein gewisser Charles Cros dieses Prinzip bereits drei Monate vor Edison der Pariser Akademie vor, jedoch nur theoretisch. Edison bekam also die Anerkennung der ersten „Sprechmaschine“ zugesprochen und die Monowiedergabe war geboren.<sup>29</sup>

---

<sup>27</sup> <http://www.beyerdynamic.com>

<sup>28</sup> Webers 2000, S.1

<sup>29</sup> Große 1981, S. 8

Die Entwicklung schritt nun voran, viele sehen in Walt Disneys *Fantasia*, dem ersten Film, der 1941 in Stereo öffentlich aufgeführt wurde, die Geburtsstunde der Stereophonie.<sup>30</sup> Die ersten mehrkanaligen Übertragungsversuche fanden jedoch schon früher statt. Der Ungar *Tivadar Puskás* übertrug 1881 in Paris eine Opernaufführungen mit mehreren Telefonleitungen<sup>31</sup>. 1933/34 experimentierte die Bell Telephone Company mit „plastischen“ Konzertaufnahmen und übertrug die Signale von drei Mikrofonen an drei unabhängige Lautsprecher<sup>32</sup>. Einige Quellen schreiben der Bell Telephone Company 1935 sogar die erste moderne Stereo-Schallplatte zu, obwohl diese auf der Flankenschrift - dem Einschneiden beider Kanäle in eine Rille im Winkel von 45° zueinander basierende Technik bereits 1931 von Alan Dower Blumlein, bekannt vor allem durch die Blumlein-Technik<sup>33</sup> (MS-Stereophonie) bei der Stereomikrofonierung, zum Patent angemeldet wurde<sup>34</sup>.

Seit den 60er Jahren wird der Begriff Stereo für die Unterscheidung zur monotonen Wiedergabe verwendet. Da dies meist mit zwei Kanälen erfolgte, wird Stereo oft mit zwei Audiokanälen gleichgesetzt, obwohl dies inhaltlich eigentlich falsch ist und der Begriff keine Angaben zur Anzahl der Übertragungskanäle enthält. Stereo kann genauso gut für vier, sechs oder zwölf Kanäle stehen. Richtig wäre es also, von Zweikanal-, Vierkanal-, Sechskanal- oder Mehrkanal-Stereo zu sprechen. Man wird der Bezeichnung Stereo nicht mehr ihre inhaltliche Verschmelzung mit zwei Wiedergabekanälen nehmen können, weshalb manchmal auch in Fachkreisen keine Unterscheidung mehr vorgenommen wird.<sup>35</sup>

Mit dem Aufkommen der ersten Mehrkanallösungen für den Heimgebrauch musste auch ein neuer Begriff gefunden werden, um eine klare Unterscheidung zu Zweikanal-Stereo zu treffen. Das erste Mehrkanal-Verfahren war Dolby Surround, weshalb man bald von Surroundsound sprach – dem umgebenden Klang.<sup>36</sup> Der Begriff Surround hat von da an die Audiowelt verändert. Unzählige neue Formate und Anordnungen drängten in den Markt, viele sind auch wieder verschwunden bzw. fristen ein Nischendasein. Durch die Entwicklung von 3D-Audio kamen weitere Formate dazu und versuchen sich am Markt zu etablieren. Da die Forschung hierzu noch sehr aktiv ist und politische Interessen auch wichtige Parameter sind, wird in den nächsten Jahren eine Schärfung der Formate stattfinden. Eine kleine Übersicht mit den, für diese Masterarbeit relevanten Verfahren, folgt auf den nächsten Seiten.

---

<sup>30</sup> Dolby Laboratories Inc, 2000, S.3

<sup>31</sup> Hoeg, Steinke 1972, S. 11

<sup>32</sup> Große 1981, S. 140

<sup>33</sup> Blumlein Technik: Ein spezielles Aufnahmeverfahren

<sup>34</sup> Hoeg, Steinke 1972, S. 13

<sup>35</sup> Birkner 2002, S 13

<sup>36</sup> Birkner 2002, S 13

### 1.4.1 Mono

Der Begriff Mono (v. griech. monos „Eins“) oder Monophonie bedeutet in der Musik Einstimmigkeit. In der Geschichte der abendländischen Musik war die Monophonie der Normalfall bis zur Entwicklung des Organums im 9. Jahrhundert. Monophone Musikinstrumente können zu jeder Zeit nur einen Ton erzeugen, es können keine Akkorde gespielt werden. Zu den monophonen Instrumenten zählen beispielsweise die meisten Blech- und Holzblasinstrumente wie z.B. Klarinette, Horn, Trompete oder Saxophon.<sup>37</sup>

### 1.4.2 Stereo

Mit Stereophonie (griechisch: Stereos = räumlich, ausgedehnt) werden Techniken bezeichnet, die mit Hilfe von zwei oder mehr Schallquellen durch (Lautsprecher-Stereophonie) einen räumlichen Schalleindruck erzeugen. Im einfachsten Fall erfolgt die horizontale Abbildung hauptsächlich durch Pegel- und/oder Laufzeitunterschiede der beiden Kanäle mit zwei Lautsprechern. Die Abbildung der Tiefenstaffelung beruht auf Ausnutzung von frühen Reflexionen und auf Klangverfärbungen, um bei der Abbildung "diffus und präsent" herauszuarbeiten und räumliche Tiefenabbildung mit dem Verhältnis von Direktschallanteilen und Diffusschallanteilen sowie Pegeldifferenzen herauszustellen.<sup>38</sup>

Auf den Grundlagen der Zweikanal-Stereophonie bauen alle Mehrkanal-Verfahren auf, sowohl Aufnahme- als auch Wiedergabeseitig. Die Qualität des Klangbilds kann trotz der geringen Anzahl von zwei Kanälen bei Zweikanal-Stereo-Aufnahmen sehr hoch sein. Je nach verwendeter Mikrofonierungsart können sowohl die Lokalisation als auch die räumliche Tiefe sehr gut sein.<sup>39</sup>

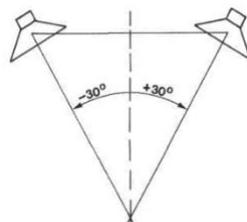


Abbildung 1.16: Die klassische Zweikanal-Stereo-Abhörordnung<sup>40</sup>

---

<sup>37</sup> <http://de.wikipedia.org/wiki/Mono>, modifiziert

<sup>38</sup> <http://de.wikipedia.org/wiki/Stereo>, modifiziert

<sup>39</sup> Birkner 2002, S 48, modifiziert

<sup>40</sup> Wuttke 2002

### 1.4.3 Dolby Surround und Dolby ProLogic

Dolby Surround ist eine überholte aber noch weit verbreitete Technik zur Mehrkanal-Tonwiedergabe. Es kam 1982 auf den Markt und wurde primär für den Heimbereich konzipiert. Technisch ist Dolby Surround ein analoges Mehrkanal-Tonsystem, das mit Hilfe einer Matrixkodierung vier Tonkanäle in zwei Tonspuren unterbringt. Es werden fünf Lautsprecher benötigt. Der mittlere Kanal (Center genannt, im Kino hinter der Leinwand angebracht) wird dabei aus denjenigen Signalanteilen erkannt, die auf den beiden bestehenden (Links-/Rechts-)Kanälen phasenkohärent<sup>41</sup> vertreten sind, während der Effekt-Kanal (Surround/Rear) mittels einer Phasenumkehr (das Signal wird links und rechts gegenphasig eingemischt) kodiert ist. Signale, die keine Phasenbeziehungen (dekorreliert<sup>42</sup>) zueinander aufweisen, werden zu den jeweiligen Hauptlautsprechern Links und Rechts decodiert.<sup>43</sup> Abbildung 2.17 zeigt die Wiedergabegerechte Abhörlösung eines Dolby ProLogic Systems nach ITU-775.

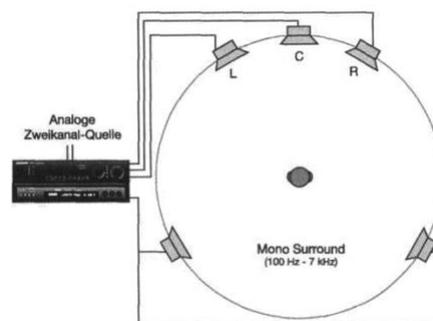


Abbildung 1.17: Wiedergabegerechte Abhörlösung nach ITU-775<sup>44</sup>

### 1.4.4 3/2

Das 3/2-Format ist eines der wichtigsten Mehrkanalformate. Es bildet die Basis des de facto-Standards ITU 775. Es wird im Allgemeinen als der beste Kompromiss zwischen reproduzierbarer Räumlichkeit und dem zumutbaren Aufwand für die dazu notwendigen Installationen im Heimbereich angesehen. 3/2 ist ein Fünfkanaalformat, das mit drei Front-(L/C/R) und zwei Surround-Kanälen (LS/RS) arbeitet. Die Grundlage für die entsprechende Lautsprecheranordnung bildet die Empfehlung ITU 775 (Abbildung 2.18). Die erreichbare

<sup>41</sup> Kohärenz: Zwei aufgenommene Signale L und R sind kohärent, wenn sie von der gleichen Schallquelle stammen. Auch bei Phasendrehung bleiben sie kohärent

<sup>42</sup> Korrelation: Verwandtschaft der Signale von zwei Kanälen unabhängig von deren Pegel. Geben zwei Kanäle das gleiche Signal wieder, so haben sie einen Korrelationsgrad von 1, bei zwei gegenphasigen Signalen von -1. Ein idealer Korrelationsgrad bewegt sich zwischen 0,3 und 0,7

<sup>43</sup> [http://de.wikipedia.org/wiki/Dolby\\_Surround](http://de.wikipedia.org/wiki/Dolby_Surround), modifiziert

<sup>44</sup> Birkner 2002, S. 53

Klangqualität sowie Lokalisation und Räumlichkeit sind beim 3/2-Format außerordentlich hoch<sup>45</sup>

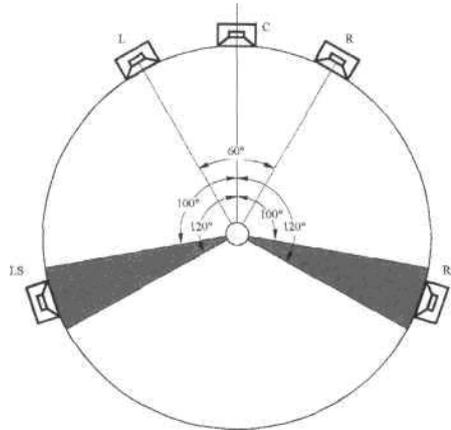


Abbildung 1.18: Referenz-Lautsprecheranordnung mit Winkelangaben nach ITU-775<sup>46</sup>

#### 1.4.5 5.1 Format (Dolby Digital DD, AC-3)

Das 5.1-Format ist eine weit verbreitete Variation des bereits erwähnten 3/2-Formats. Hierbei wird dieses um einen Tiefbasskanal (LFE <sup>47</sup>) erweitert, der bei besonders effektvollen Szenen noch mehr Realismus schaffen soll. Dieser Kanal ist in seiner Bandbreite beschränkt (20–80 bzw. 120 Hz) und wird deswegen durch die Endung „.1“ beschrieben. (Ohne Subwoofer 5.0) Für eine diskrete 5.1-Übertragung sind sechs Übertragungskanäle (mit voller Bandbreite) nötig. Es erfolgt keine Matrizierung. Da das 5.1-Format sowohl im Kino- als auch im Heimbereich Anwendung findet, richtet sich die Anordnung jeweils nach dem Einsatzort. Im Heimbereich wird eine ITU-775-gerechte Anordnung empfohlen mit freier Wahl für die Anordnung des Subwoofers<sup>48</sup>.

In einem Atemzug werden auch die Anwendungsbereiche des 5.1-Formats, die Übertragungsformate Dolby Digital (AC3) und DTS genannt. Da Dolby Digital ein Standardformat bei der DVD-Wiedergabe darstellt, muss jeder DVD-Player dieses Format decodieren<sup>49</sup> können. Darin liegt auch der Grund einer sehr verbreiteten Verwechslung – Dolby Digital (AC3) oder DTS sind Codier- und Übertragungsformate für das 5.1 -Format und keine Mehrkanalformate<sup>50</sup>.

---

<sup>45</sup> Birkner 2002, S. 53

<sup>46</sup> Surround Sound Forum

<sup>47</sup> LFE: Low Frequency Enhancement

<sup>48</sup> Birkner 2002, S. 54

<sup>49</sup> Decodieren: Entschlüsseln

<sup>50</sup> Birkner 2002, S. 55, modifiziert

### 1.4.6 Das 7.1 Format

Das 7.1-Format muss man hinsichtlich seiner Kanalverteilung in zwei Versionen unterscheiden, einerseits ein um zwei seitliche Surround-Kanäle erweitertes 5.1-Format (3/4/1) und andererseits ein um zwei Frontkanäle erweitertes 5.1-Format (5/2/1).

#### Das 3/4/1-Format

Dieses Format erweitert die 5.1-Abhörordnung um zwei Surround-Kanäle. Die seitlichen Surround-Kanäle sollen dabei im Heimbereich wie in Abbildung 2.19 dargestellt bei ca.  $\pm 60^\circ$  aufgestellt werden. Die hinteren Surround-Kanäle verschieben sich dann auf  $+ 150^\circ$ . Das sich so ergebende Surround-Klangbild lässt eine bedeutend bessere Lokalisation zu, und ist besonders bei künstlichen Effekten sehr eindrucksvoll. Allerdings vergrößert sich der Installationsaufwand bei solchen Lösungen. Übertragungsformate für das 3/4/1-Format sind bei der DVD oder Blu-Ray zum Beispiel MPEG-2-Audio, MPEG-4-Audio oder PCM<sup>51</sup>-Audio, die bis zu acht Kanäle codieren können. Zudem die Formate von Dolby mit dem Namen True-HD und DTS mit dem Namen DTS HD-Master.

#### 5/2/1-Format

Das 5/2/1 -Format ist im Gegensatz zum vorgenannten ein reines Kinoformat. Die Notwendigkeit von zwei weiteren Frontkanälen ergibt sich hier bei sehr breiten Leinwänden. Durch die Kanäle LC und RC ist so im ganzen Sitzbereich eine bedeutend bessere Sprachlokalisierung möglich. Die Lautsprecher werden dabei meist wie in Abbildung 2.20 angeordnet. Die beiden hinteren Surround-Kanäle werden auch bei diesem Kinoformat meist auf mehrere Lautsprecher verteilt und dekorreliert.<sup>52</sup>

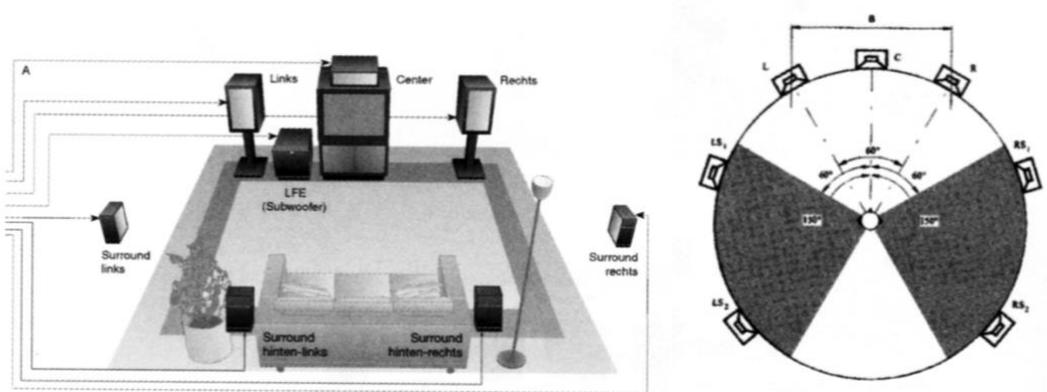


Abbildung 1.19: 3/4/1 Wiedergabe und Anordnung von 7.1 (Abb. 2.20) <sup>53</sup>

<sup>51</sup> PCM: Puls Code Modulation

<sup>52</sup> Birkner 2002, S.58, modifiziert

<sup>53</sup> Birkner 2002, S. 58

### 1.4.7 Auro-3D

3D-Audio ist ein akustisches Verfahren, mit dem die räumliche Abbildung von Schallquellen mit Hilfe des Einsatzes von Höhenlautsprechern, also der dritten Ebene erfolgt. Der Zuhörer erfährt dabei eine akustische Atmosphäre, die der des Aufnahmeortes nachempfunden ist. 2005 entwickelte Wilfried van Baelen das Konzept hinter Auro-3D. Auro-Technologies gehört zu den Galaxy Studios in Mol, Belgien. Geschäftsführer der Galaxy Studios sind Wilfried van Baelen und Guy van Baelen.

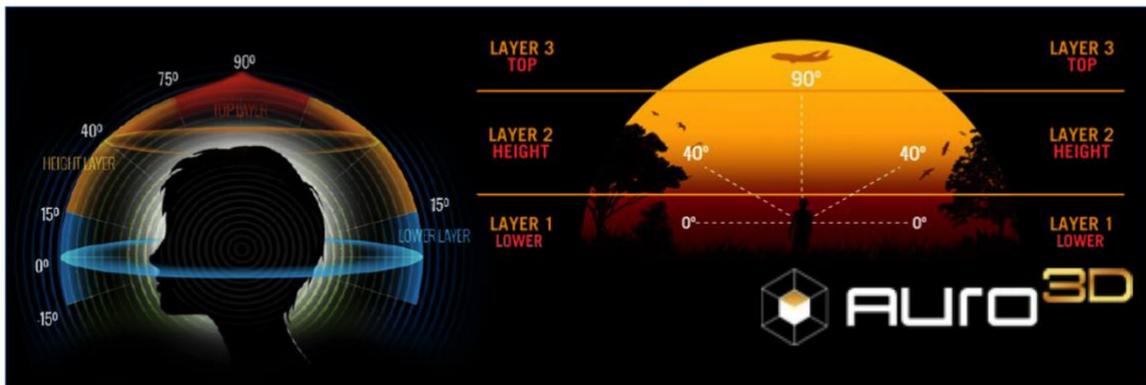


Abbildung 1.21: Auro-3D Anordnung <sup>54</sup>

Ziel der Auro-3D-Technologie ist eine realitätsnahe dreidimensionale Audio-Reproduktion durch eine zusätzliche Höhen-Information, welche als dritte Dimension (Z-Achse) zur ersten Dimension der Breite (X-Achse, Stereo) und zur zweiten Dimension der Tiefe (Y-Achse, herkömmliches Surround) ergänzend hinzutritt.

Bei Auro stehen drei Varianten zur Auswahl: Auro 9.1 ist im Prinzip ein 5+4 System also 5.1 in der ersten Ebene und vier Lautsprecher in der zweiten Ebene. Auf den Höhenkanal über dem Center-Lautsprecher wie auch auf den Deckenlautsprecher für die „Voice of God“ wird verzichtet. Bei Auro 10.1 wird die „Stimme Gottes“ direkt von der Decke im Layer 3 angesprochen. Der Center- Höhenkanal ist nicht vorhanden.

<sup>54</sup> [www.auro-3d.com](http://www.auro-3d.com)

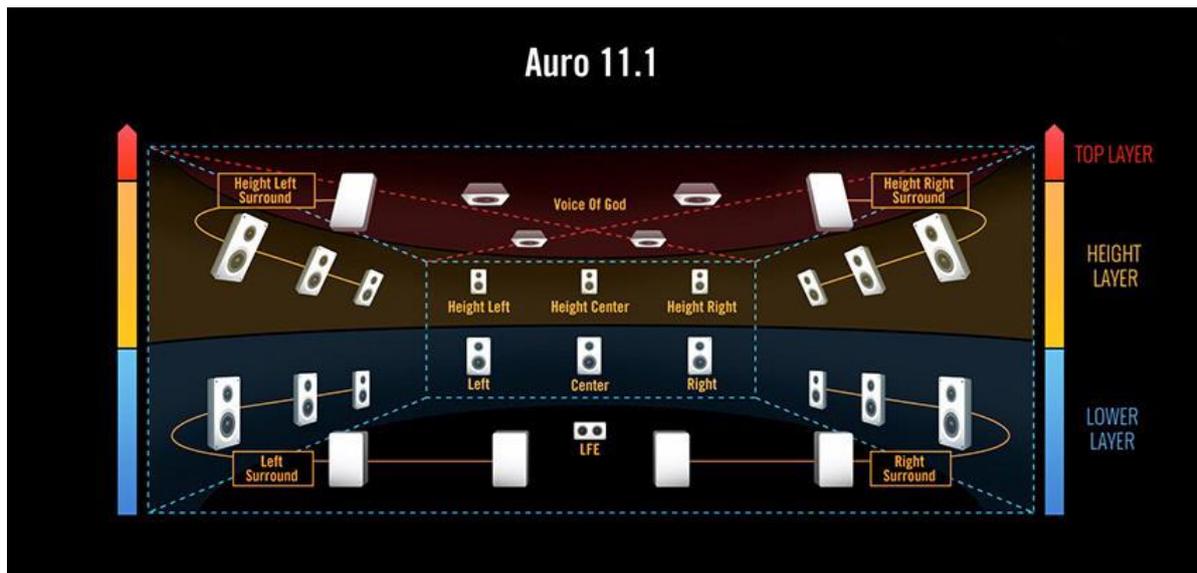


Abbildung 1.22: Auro-3D Anordnung für 11.1 <sup>55</sup>

Die maximale Ausbaustufe Auro 11.1 basiert auf einem herkömmlichen 5.1-System, dessen Kanäle (links, rechts, center, surround-links und surround-rechts) jeweils um einen darüber liegenden Höhenkanal ergänzt werden, sowie zusätzlich durch einen Kanal für Lautsprecher direkt von oben, der sogenannten „Voice of God“.

Je nach Bedarf und Größe des Raums kann die Anzahl der Lautsprecher pro Kanal erhöht werden wie in Abbildung 2.22 dargestellt. Die einem Kanal zugeordneten Lautsprecher erhalten jedoch das identische Signal.

#### 1.4.8 Dolby Atmos

Dolby Atmos ist, anders als Auro-3D, ein objektorientiertes Verfahren, welches mit einem kanalorientiertem Verfahren kombiniert wird. Kanalbasierte sogenannte „Beds“<sup>56</sup> bis 7.1. und Stereo, eignen sich für die Wiedergabe von atmosphärischen Inhalten und eher statischem Klanggeschehen. Dynamische Objekte werden, von Metadaten gesteuert, in Echtzeit auf verschiedene Lautsprecheranordnungen mit bis zu 64 Lautsprechern gerendert und ermöglichen spektakuläre Panning<sup>57</sup>-Effekte. Die Anpassung an den Raum und das Lautsprecher-setup erfolgt individuell im Decoder, Deckenlautsprecher sind ausdrücklich vorgesehen.

<sup>55</sup> [www.auro-3d.com](http://www.auro-3d.com)

<sup>56</sup> Beds: englisch Bett, hier im erweiterten Sinne als Fundament zu Verstehen

<sup>57</sup> Panning: dynamische akustische Bewegungen in der Szene, z.B. Hubschrauberfahrten

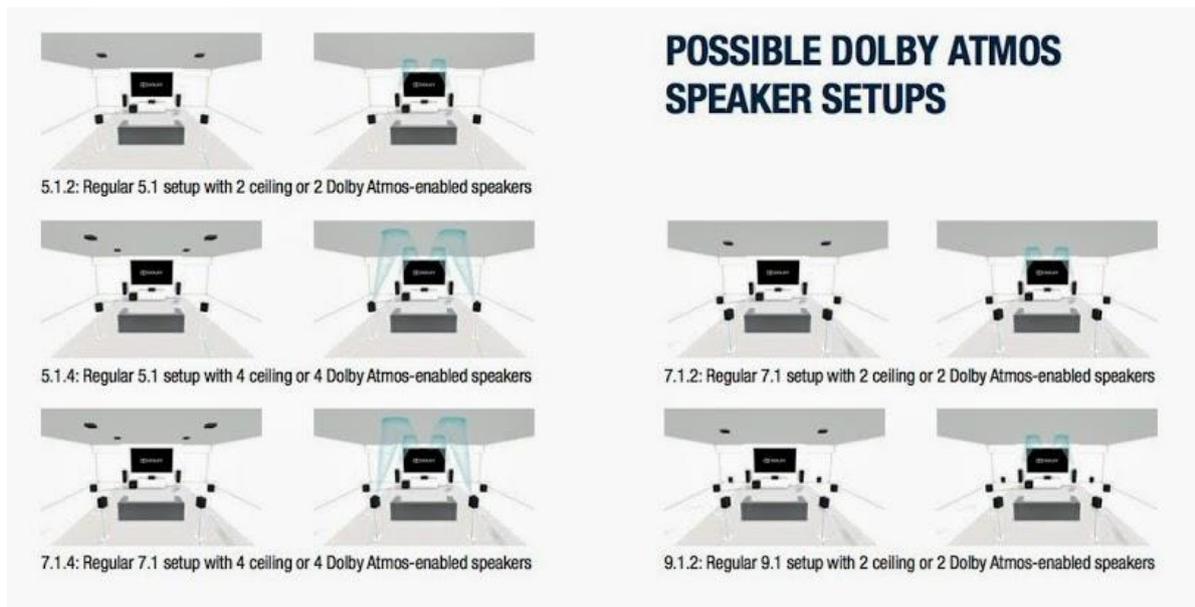


Abbildung 1.23: Dolby Atmos Anordnungen<sup>58</sup>

Das Format erlaubt theoretisch eine unbegrenzte Anzahl von Tonspuren. Diese werden den Kinos für optimale und dynamische Verteilung der Signale auf die Lautsprecher zur Verfügung gestellt. Die erste Generation der Hardware, der Dolby Atmos Cinema Processor, unterstützt bis zu 128 einzelne Tonspuren und bis zu 64 separate Lautsprechersignale<sup>59</sup>. Dolby Atmos ist abwärtskompatibel zu älteren Systemen wie 5.1 oder 7.1. Diese verwenden Lautsprecherarrays, also mehrere Lautsprecher, die den gleichen Ton abstrahlen. Das neue System kann jedem Lautsprecher ein individuelles Signal geben. Dies ermöglicht es, viele weitere Front-, Surround- und Deckenlautsprecher zu installieren. Dadurch kann eine Tonquelle genau im Raum platziert werden und somit ist eine realistische Simulation von beispielsweise Regen oder Hubschraubern möglich<sup>60</sup>.

<sup>58</sup> Quelle: [www.dolby.com](http://www.dolby.com)

<sup>59</sup> Hidalgo, Jason, Dolby's Atmos technology gives new meaning to surround sound, death from above, 2015

<sup>60</sup> Webster, Andrew, Dolby Atmos audio hits moviegoers with sound from all directions, 2015

## 1.5 Mischpultkonzepte

Die TH Deggendorf hat im Zuge der Neubauinstallation ein neues Tonstudio erhalten. Nach intensiver Marktrecherche standen 4 mögliche Konzepte im Raum.

### 1.5.1 Analog

Beim Analogkonzept muss der Rechner im Regieraum nahe bei den Audiointerfaces z. B. MOTU 828 MKII platziert und per Firewire, USB<sup>61</sup> oder Thunderbolt<sup>62</sup> angebunden werden. Das Recording wird über eine analoge Konsole (z. B. Soundcraft) realisiert, das Mixing passiert in der Regel out of the Box, d. h. im Rechner mit Maus und Tastatur. Es sind zusätzliche DA<sup>63</sup>/AD<sup>64</sup> Wandler für das Pult nötig. Die Verkabelung wird mit Kupfer realisiert. Diese Variante war im Tonstudio im ITC 1 rund 10 Jahre in Betrieb und hätte mit neuen Komponenten, vor allem im Bereich 3D-Audio, nur beschränkt eingesetzt werden können.



Abbildung 3.3: Analoges Multicore und Analoges Mischpult, Quelle: [www.Thomann.de](http://www.Thomann.de)

### 1.5.2 Digital AES 50

Beim AES<sup>65</sup> 50 Konzept könnte ein Behringer 32-Kanal 16-Bus Digitalmischpult mit 16 Ausgängen und 32 Mikrophon Vorverstärkern die Schaltzentrale sein. Es hat 8 Stereo Returns,

---

<sup>61</sup> USB: Universal Serial Bus

<sup>62</sup> Thunderbolt: Eine Schnittstelle für Apple Computer

<sup>63</sup> D/A: Digital Analog

<sup>64</sup> A/D: Analog Digital

<sup>65</sup> AES: Audio Engineering Society

6 Matrix Busse mit Insert Möglichkeiten, 6 Mute Gruppen und ein 32x32 Kanal Audio Interface (USB und Firewire)<sup>66</sup>. Das Pult ist Fernsteuerbar mit USB oder Ethernet<sup>66</sup> und Kompatibel mit dem Behringer Personal Monitoring System. Zudem steht ein AES/EBU<sup>67</sup> Stereo Digital Ausgang zur Verfügung.



**Abbildung 3.4: Behringer X 32 Mischpult, Quelle: [www.behringer.de](http://www.behringer.de)**

Die passende Stagebox kann über ein CAT-5<sup>68</sup> Kabel im Aufnahmerraum abgesetzt und betrieben werden. Hier sind dann 16 Ein- und 8 Ausgänge im 19-Zoll-Rackformat auf zwei Höheneinheiten untergebracht. Das Protokoll nennt sich AES50 und kommt von der Firma Klark Teknik. Das CAT-5 Kabel für die Verbindung zwischen Mischpult und Stagebox kann bis zu 100 m lang sein. Die 7-Segment-LED<sup>69</sup>-Signal-Anzeige und Peak LEDs geben optische Kontrolle. Ein Monitor kann direkt angeschlossen werden.



**Abbildung 3.5: Digitale Stagebox Behringer S 16, Quelle: [www.behringer.de](http://www.behringer.de)**

---

<sup>66</sup> Ethernet: Netzwerk

<sup>67</sup> EBU: European Broadcast Union

<sup>68</sup> CAT-5: Netzwirkabel der Kategorie 5

<sup>69</sup> LED: light-emitting, Leuchtdiode

### 1.5.3 Digital Dante

Die Dante Technologie von der Firma Audinate basiert auf dem flexiblen Internet Protocol (IP) und einer Ethernet-Netzwerkstruktur. Im Dante Netzwerk ist der physikalische Anschlusspunkt irrelevant, Audiosignale können von jedem Punkt zu jedem Punkt geroutet werden. Die Anzahl der angeschlossenen Geräte ist praktisch unbegrenzt.

Das Netzwerk ist ein Plug-and-Play Netzwerk mit automatischer Geräteerkennung und Systemkonfiguration. Alle Dante Geräte finden und konfigurieren sich selbstständig im Netzwerk. Die Komplizierte Einrichtung und Vergabe von Kanalnummern ist nicht notwendig. Geräte und deren Eingänge und Ausgänge können mit Namen bezeichnet werden.



Abbildung 3.6: Dante Port und entsprechende Schnittstelle, Quelle: [www.yamaha.de](http://www.yamaha.de)

Dante ermöglicht eine Sample-genaue Playback-Synchronisation. Die Latenz ist niedrig. Im System kann zwischen fix eingestellter und variabler Latenz ausgewählt werden.

Dante läuft auf normalem Netzwerk-Equipment, es ist zwar keine spezielle Infrastruktur nötig, ein eigenes abgetrenntes Netz wird aber empfohlen. Mit der sogenannten DVS<sup>70</sup> kann jeder Mac oder Windows PC als Dante Netzwerk-Gerät für Signalwiedergabe oder Aufzeichnung fungieren.

Produkte sind z. B. von Yamaha das Nuage System mit Anbindung an die Steinberg Nuendo Softwareumgebung oder Komponenten der Focusrite Rednet Serie. Weitere Stand-Alone Lösungen bietet die Firma Allen and Heath mit der iLive Serie an.

---

<sup>70</sup> DVS: Dante Virtual Soundcard



Abbildung 3.7: Yamaha NuAge System

#### 1.5.4 Digital MADI

Der MADI-Standard ist eine flexible Lösung für die Übertragung von vielen Audiokanälen. Die technischen Probleme des "normalen" Multicores, wie Kabelverluste, Einstreuungen, Alterungsprozesse, hohes Gewicht und schlechtes Handling sind bekannt. MADI arbeitet dagegen etwas anders. Ein dünnes Kabel überträgt bis zu 64 Audio-Kanäle verlustfrei über lange Distanzen.

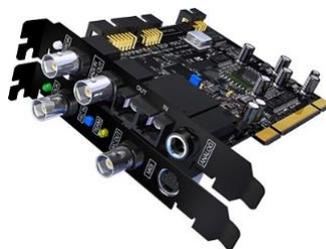


Abbildung 3.8: MADI Glasfaser Kabel

MADI ist eine flexible Mehrkanalverbindung bestehend aus vielen Komponenten: Multicore-Kabel, Steckverbinder, Break-Out-Box, Stagebox und Signal-Splitter. Die MADI Komponenten sind je nach Hersteller nicht ganz billig. Eine MADI-Verbindung für 64 Audio-Kanäle besteht im einfachsten Fall aus zwei 19-Zoll-Geräten und einer Glasfaserleitung. In den Kosten für ein MADI-System sind aber noch umfangreiche Bearbeitungsmöglichkeiten für die Audiosignale enthalten: Routing, Splitting, Merging,

MIDI über MADI, Fernbedienung der Geräte und Redundanz. Wenn man dann noch die geringeren Installationskosten und die einfache Erweiterbarkeit berücksichtigt, fällt ein Kostenvergleich trotzdem oft zugunsten der MADI-Technologie aus. Es gibt viele Hersteller auf dem Markt, RME, Lawo und Stagetec sind nur ein paar Namen, die vielfältige Hardware mit einer MADI-Schnittstelle anbieten.

Für das Tonstudio kamen die Produkte der Firma RME in Betracht, ausschlaggebend war hierbei die Zuverlässigkeit und der deutsche Entwicklungsstandort. Die Hammerfall DSP MADI ist eine preisgünstige PCI-Karte für den Rechner mit MADI-Schnittstelle. Hammerfall DSP MADI basiert auf der Hammerfall DSP Technologie und stellt das Top-Modell dieser Kartenserie dar. Die Hammerfall DSP ist voll kompatibel zu allen Geräten mit MADI-Interface.



**Abbildung 3.9: Hammerfall PCI<sup>71</sup> Karte<sup>72</sup>**

Für den Anschluss im Aufnahmerraum und der Regie wären AD/DA Wandler und Mikrofon Vorverstärker wie der Octamic oder Micstasy in der MADI Ausführung von Bedeutung. Der Micstasy ist ein 8 Kanal Mic-/Line-Vorverstärker. Er hat 8 symmetrische XLR<sup>73</sup> Mic/Line-Eingänge mit Hi-Z-Option und 8 symmetrische XLR-Line-Ausgänge. Zudem stehen 4 digitale Schnittstellen als AES/EBU und 2 mal ADAT<sup>74</sup> Out zur Verfügung.



**Abbildung 3.10: RME Micstasy Mic-Preamp<sup>75</sup>**

---

<sup>71</sup> PCI: Peripheral Component Interconnect

<sup>72</sup> Quelle: [www.rme-audio.de](http://www.rme-audio.de)

<sup>73</sup> XLR: Steckerart für Mikrofone, Männliche und Weibliche Ausführung möglich

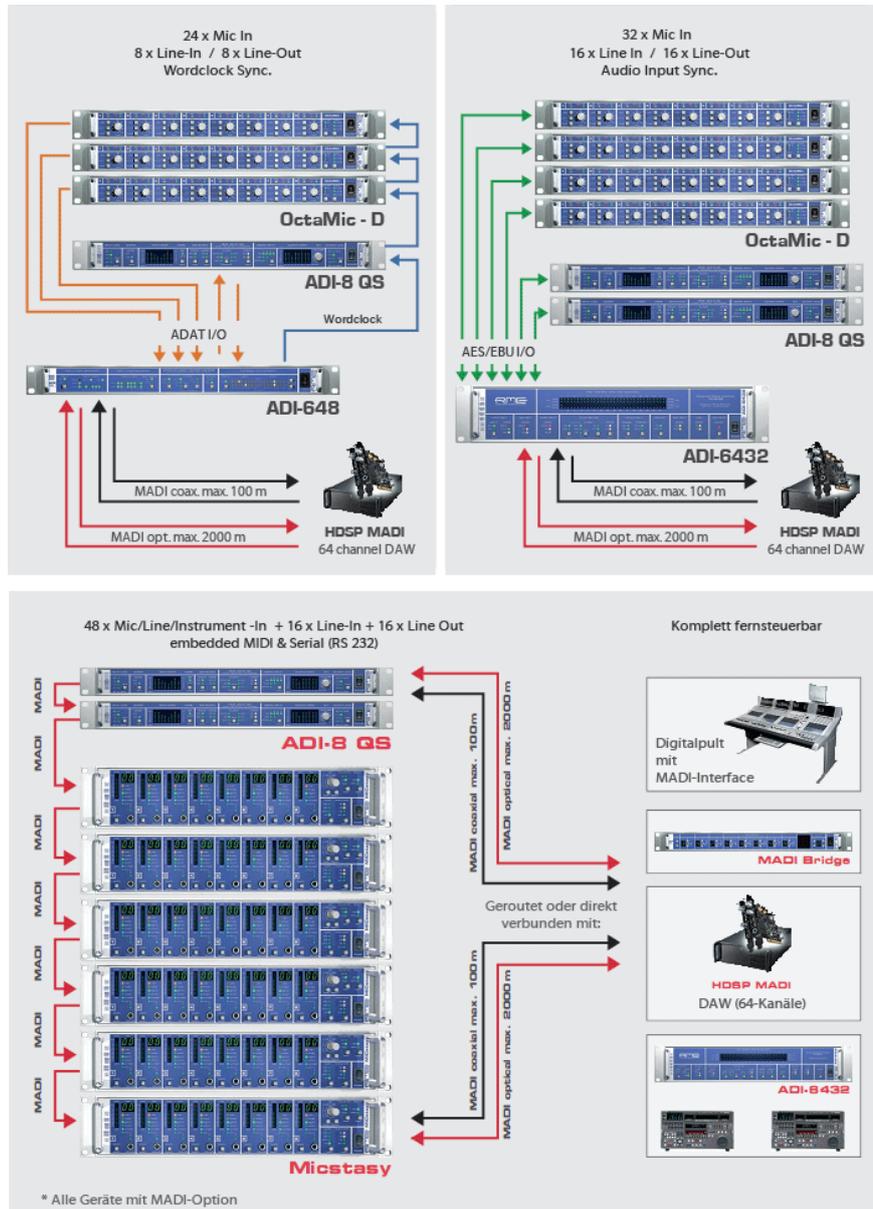
<sup>74</sup> ADAT: Alesis Digital Audio Tape

<sup>75</sup> Quelle: [www.rme-audio.de](http://www.rme-audio.de)

Eine komplette Systemplanung und Konfiguration mit RME Komponenten könnte folgendermaßen aussehen:

### MADI Front-End Design

Beispiele



Grafik 3.6: MADI Front End Design<sup>76</sup>

<sup>76</sup> Quelle: www.rme-audio.de

### 1.5.5 Total Recall und Zukunftssicherheit

Aufgrund der hohen Anzahl an Studierenden können diese nur gewisse Zeitfenster im Studio buchen. Bei analogen Mischpulten müssten alle Potis<sup>77</sup> und Fader<sup>78</sup> wieder an die Position gedreht werden an der diese beim Verlassen des Studios waren. Zudem das Signal- und I/O Routing wieder hergestellt werden. In großen, analogen Studios geschieht dies tatsächlich mit Schablonen die auf das Mischpult gelegt werden. Dies ist extrem Zeitaufwendig und Fehleranfällig. Aus diesem Grund hat sich eine Arbeitsweise etabliert die sich „Total Recall“ nennt. Hier werden alle Recording und Mixing Einstellung im Projekt gespeichert und bei den Audiodaten mit abgelegt. Lediglich das einbinden von externem Outboard Equipment müsste per Hand gepatcht<sup>79</sup> werden. Hier hat sich in den letzten Jahre aber die Verwendung von Plug-Ins innerhalb der Software etabliert. Die Plug-In-Settings können ebenfalls mit im Projekt abgespeichert werden.

Die Tatsache, dass bereits während des Bachelorstudiums verschiedene Softwareoberflächen gelehrt und erlernt werden und diese im Markt je nach Anwendung im Einsatz sind, führte zu dem Wunsch den Großteil der verfügbaren Softwareumgebungen anzubinden. Die Firma Euphonix hat hierzu eine Technologie entwickelt, sozusagen die Erweiterung des Macki-Hui<sup>80</sup> Protokolls auf Cat-5 Ebene. Die MIDI Steuerung wurde überholt und an aktuelle Gegebenheiten angepasst.

Das Euphonix-Protokoll nennt sich EuCon und basiert auf Ethernettechnologie. Die Produkte Transport, Mix, Control und System 5 Serien waren im Markt sehr erfolgreich, da sie plattformübergreifend arbeiteten. Es konnten alle Softwareumgebungen, welche EuCon unterstützen, angesprochen werden. Konkret sind dies Logic, Sequoia, Pyramix, Nuendo, Cubase und natürlich Pro Tools. Diese Tatsache hat auch Avid erkannt und sah die Felle davon schwimmen. Somit kam es im Frühjahr 2010 zur Übernahme von Euphonix. Dabei sollen die Euphonix-Produkte parallel zur hauseigenen ICON<sup>81</sup> -Produktfamilie angeboten werden. Bereits angekündigt ist die gemeinsame Entwicklung eines offenen Protokolls, das eine zukunftsweisende Kommunikation zwischen Euphonix-Controllern und anderen Avid-Produkten wie dem Mediacomposer und Pro Tools ermöglicht. Das bisherige Euphonix-Protokoll EuCon soll weiterhin unterstützt werden.

---

<sup>77</sup> Potis: Potentiometer

<sup>78</sup> Fader: Hauptbedienelement am Mischpult für die Pegelkontrolle

<sup>79</sup> gepatcht: per Hand verschaltet

<sup>80</sup> HUI: Ein Kommunikations Protokoll der Firma Macki

<sup>81</sup> ICON: Intelligent Connection

Der große Vorteil von EuCon ist die Zukunftssicherheit, da die Produkte weiter entwickelt und die Firmware des Geräts per Update auf dem aktuellen Stand gebracht werden kann. Bei in sich geschlossenen Systemen wie der Nuage von Yamaha oder der ICON Serie von Avid funktioniert nur die jeweilige Softwareumgebung des Herstellers. Bei DSP gestützten Systemen von LAWO oder Stagetec veralten die DSPs schnell und sind teuer.

Bei der EuCon Lösung findet die Rechenpower auf der DSP Karte im Mac oder PC sowie der CPU statt und kann kostengünstig und einfach aktuell gehalten werden. Konventionelle Digitale Mischpulte von Soundcraft, SSL, Studer und Yamaha haben den Nachteil, dass die Steuerung von den typischen Softwareumgebungen und Plug-Ins nicht gut funktioniert, bestenfalls noch auf einer Plattform. Als Bandmaschinen für die Aufzeichnung von Audiomaterial im Tonstudio verbaut waren, stand die analoge Konsole an erster Stelle. Im digitalen Zeitalter wird jedoch alles auf Harddisk gespeichert und dort gleich editiert und gemischt. Die An- und Einbindung der digitalen Konsole an diverse Softwareumgebungen übersteigt den Budgetrahmen gewaltig, und ist für den Lehrbetrieb deshalb nicht sinnvoll.

## Literaturverzeichnis

- [Birkner 2002] Birkner Christian, *Surround - Einführung in die Mehrkanaltontechnik*, PPV Verlag, 1. Auflage 2002
- [Blauert 1974] Blauert, Jens: *Räumliches Hören*  
S. Hirzel Verlag, Stuttgart 1974, 1. Nachschrift 1985, 1997, 2. Nachschrift
- [Blitz 2003] Blitz, Dominic:  
*Wahrnehmung im Zeitalter von Mehrkanalton*  
Production Partner 2003, Ausgabe 07, S. 46 bis 49
- [Brohasga 2006] Brohasga, Gerd:  
*Beurteilung der Audioqualität im Fahrzeug*  
Audi AG Ingolstadt, Abt. I/EE-51, 2006
- [Charbel 2012] Charbel, Ariane:  
*Schnell und einfach zur Masterarbeit*  
BW Bildung und Wissen Verlag, Nürnberg 2012, 6. Auflage
- [Dickreiter] Michael Dickreiter (Bearbeitung), Wolfgang Hoeg (Bearbeitung),  
Volker Dittel (Bearbeitung)  
*Handbuch der Tonstudioteknik. 2 Bände [Gebundene Ausgabe]*  
De Gruyter Saur; Auflage: 7. (15. Dezember 2008)
- [Daele 2014] Daele Bert: *The Immersive Sound Format requirements and challenges for tools and workflow*, ICSA 2014, Erlangen
- [Große 1993] Große, Günter:  
*Von der Edisonwalze zur Stereoplatte*  
Musikverlage VEB, Berlin 1982
- [Halten 2003] Halten, Christian:  
*Stereo is Dead*  
In: Keyboards 2003; Ausgabe 04, S. 30 bis 34;
- [Hoeg; Steinke1972] Hoeg, Wolfgang; Steinke, Gerhard:  
*Stereofonie - Grundlagen*  
2. bearb. Aufl., VEB Verlag Technik, Berlin, 1972
- [Huber 2002] Huber, Oswald:  
*Dass psychologische Experiment*  
Bern 2000, Dritte Auflage

- [Hull 2015] Hull, Joseph:  
*Surround-Wiedergabe gestern, heute und morgen- Die Geschichte des Mehrkanal-Tons von der Rilm-Magnetspur bis zum Dolby-Digital-System*,  
Dolby Laboratories Inc., 2015
- [Katz 2010] Katz Bob:  
*Mastering Audio – Die Kunst und die Technik*  
GC Castensen 2010
- [Kremer o.J.] Kremer, Martina:  
*ars auditus, Akustik-Gehör-Psychoakustik*  
Wuppertal (ohne Erscheinungsjahr)  
[http://www.dasp.uni-wuppertal.de/ars\\_auditus](http://www.dasp.uni-wuppertal.de/ars_auditus)
- [Müller 2000] Müller, Johannes:  
*DVD-Audio-Produktion. IN.: VDT: 21Tonmeistertagung 2000, Hannover*  
Verlag K.G. Saur, München, 2000, S. 888-905
- [Müller, Möser 1975] Müller, Gerhard; Möser, Michael:  
*Taschenbuch der Akustik:*  
Springer Verlag Heidelberg, 3. Auflage 2004
- [Nipkow 2014] Nipkow, Lasse: *Room signals – properties and influence on Auro 3D recordings, ICSA 2014, Erlangen*
- [Steinbauer, o.J.] Prof. Dipl.-Ing. Dr. Steinbauer, Erich:  
*Didaktik der Physik, Script*
- [Steinberg 2015] Steinberg Nuendo Dolby Digital Encoder:  
*Produckthandbuch*  
Steinberg Media Technologies, 2015
- [Scuda 2014] Scuda Uli:  
*Comparison of Multichannel Surround Speaker Setups in 2D and 3D, International Conference on Spatial Audio*Verlag 2014
- [Stingl 1981] Stingl, Peter:  
*Statistik in 10 Stunden*  
Hanser Verlag München, 1981
- [Surround Sound Forum] Surround Sound Forum  
*Mehrkanal Surround Sound: Systeme und Betriebsanwendungen*  
Januar und Februar 2016

- [Surround Sound Forum] Surround Sound Forum  
*Hörbedingungen und Wiedergabeanordnungen für die Mehrkanal Sterofonie*,  
Februar 2016
- [Webers 2000] Webers, Johannes:  
*Meilensteine der Audiotechnik IN.: VDT: 21Tonmeistertagung 2000*,  
*Hannover*  
Verlag K.G. Saur, München, 2000
- [VDT 2015] VDT Magazin 03/2015:  
*3d-Audio-Produktionen*  
Bildungswerk des Verbands Deutscher Tonmeister, Bergisch Gladbach, 2015
- [Wikipedia] Online Enzyklopädie, <http://www.wikipedia.de>  
Zugriffe von August 2015 bis März 2016
- [Wuttke 2000] Wuttke, Jörg:  
*Allgemeine Betrachtungen zur Mehrkanal Stereophonie*  
Karlsruhe, 2000, S. 98 – 103
- [Zollner; Zwicker 1993] Zollner, Manfred; Zwicker, Eberhard:  
*Elektroakustik*  
Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 3. Auflage 1993