



**Bachelorarbeit**

im Studiengang Audiovisuelle Medien

mit dem Titel

Vorbereitung und Durchführung  
eines Theater-Gastspiels  
mit Live-Musik und Surround Beschallung

Vorgelegt von

Felix Brennfleck

Matrikel-Nr. 38711

An der Hochschule der Medien Stuttgart am 12.08.2024

Zur Erlangung des akademischen Grades eines Bachelor of Engineering (B. Eng.)

Erst-Prüfer: Prof. Oliver Curdt

Zweit-Prüfer: Frank Bürger

# Ehrenwörtliche Erklärung

Hiermit versichere ich, Felix Brennfleck, ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Bachelorarbeit mit dem Titel: „Vorbereitung und Durchführung eines Theater-Gastspiels mit Surround-Beschallung und Live-Musik“ selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst und keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel benutzt habe. Die Stellen der Arbeit, die dem Wortlaut oder dem Sinn nach anderen Werken entnommen wurden, sind in jedem Fall unter Angabe der Quelle kenntlich gemacht. Ebenso sind alle Stellen, die mit Hilfe eines KI-basierten Schreibwerkzeugs erstellt oder überarbeitet wurden, kenntlich gemacht. Die Arbeit ist noch nicht veröffentlicht oder in anderer Form als Prüfungsleistung vorgelegt worden.

Ich habe die Bedeutung der ehrenwörtlichen Versicherung und die prüfungsrechtlichen Folgen (§ 24 Abs. 2 Bachelor-SPO) einer unrichtigen oder unvollständigen ehrenwörtlichen Versicherung zur Kenntnis genommen.

Ludwigsburg, den 12.08.2024

Ort, Datum

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Felix Brennfleck', written over a horizontal line.

Unterschrift

# Danksagung

An dieser Stelle möchte ich besonderen Dank an meinen Erstprüfer Prof. Oliver Curdt für die Betreuung und Ermutigung zu dieser Arbeit, sowie die vielen Erfahrungen und Möglichkeiten im Rahmen meines Studiums aussprechen. Auch bei meinem Zweitprüfer Frank Bürger, sowie dem gesamten Team der Tonabteilung des Schauspiels Stuttgart, insbesondere Sebastian Menno und dem Gastspiel-Team möchte ich mich für das entgegengebrachte Vertrauen, die konstruktive und stets freundliche Zusammenarbeit sowie die Unterstützung meiner Arbeit herzlich bedanken.

Ebenfalls danke ich der HdM Stuttgart in Person von Phillipp Reineboth für die schnelle und unbürokratische Unterstützung in Form der Bereitstellung einer *Dante*-Karte während der Vorbereitungszeit sowie viele gute Gespräche.

Bei meinem persönlichen Umfeld möchte ich mich für die produktive Arbeitsatmosphäre, jede Form der Motivation und die verständnisvolle mentale wie fachliche Unterstützung bedanken.

Zuletzt gilt mein Dank den Kolleg\*innen der Gastspielstätten, namentlich Luisa Lange und Lorenzo Westermann in Heidelberg sowie Dennis Streich in Mülheim an der Ruhr, dank deren freundlicher Unterstützung und Vorbereitungen die Durchführung vor Ort sehr angenehm möglich war.

# Kurzfassung

In der vorliegenden Arbeit wird der Prozess des tontechnischen Umzuges eines fertig inszenierten Theaterstücks am Schauspiel Stuttgart vom hauseigenen Installationssystem auf ein mobiles Setup beschrieben. Nach einigen Grundlagen zur digitalen Signalübertragung, Systemtechnik und Theaterbeschallung werden die einzelnen Komponenten des mobilen Audiosystems für die Gastspielproduktion „Forecast:Ödipus“ in ihrem Aufbau und Funktionsweise erläutert sowie wichtige Parameter für die Übersetzung zwischen den beiden Systemen dargestellt. Nachfolgend wird die praktische Durchführung anhand beispielhafter, individueller Herausforderungen vor Ort beschrieben. Abschließend werden Konzepte diskutiert, um den Umzugsprozess für künftige Gastspiele effizienter zu gestalten.

# Abstract

This thesis describes the process of transferring the audio setup of a fully staged theater production at Schauspiel Stuttgart from the in-house installation system to a mobile system. After some basic information on digital signal transmission, system technology, and theater sound reinforcement, the individual components of the mobile audio system for the guest production "Forecast:Oedipus" are explained in terms of their structure and functionality, along with important parameters for translating between the two systems. Subsequently, the execution is described through exemplary, individual challenges on-site. Finally, concepts are discussed to make the relocation process more efficient for future guest performances.

# Inhaltsverzeichnis

Ehrenwörtliche Erklärung.....	II
Danksagung .....	III
Kurzfassung .....	IV
Abstract .....	IV
Abbildungsverzeichnis.....	VII
Tabellenverzeichnis .....	VII
Abkürzungsverzeichnis .....	VIII
<b>1. Einleitung.....</b>	<b>1</b>
<b>2. Digitale Audiosignalübertragung .....</b>	<b>3</b>
2.1 Point to Point Verbindungen.....	4
2.1.1 AES3 und AES/EBU .....	4
2.1.2 AES10 - MADI .....	6
2.2 Audionetzwerke.....	7
2.2.1 RockNet.....	8
2.2.2 Dante.....	10
<b>3. Anforderungen an eine Theater-Beschallungsanlage.....</b>	<b>12</b>
3.1 Typische Konzertbeschallung .....	12
3.2 Redundanz, Fernsteuerung und Überwachung .....	14
3.3 Frequenzgang und Einmessung der Lautsprecher .....	15
3.4 Verschiedene Beschallungsebenen im Theater.....	17
3.5 Lösungen im Schauspiel Stuttgart.....	18
<b>4. Surround-Sound im Beschallungskontext .....</b>	<b>20</b>
4.1 Kanalbasierte Systeme.....	20
4.2 Objektbasierte Systeme .....	21
4.3 Kommerzielle Lösungen .....	22
4.3.1 Sonic Emotion Absolute 3D.....	22
4.3.2 d&b Soundscape .....	23
4.3.3 Adamson Fletcher Machine .....	24
<b>5. Vorbereitung eines Gastspiels .....</b>	<b>26</b>
5.1 Handlung und Inhalt.....	26

5.2	<i>Technische Anforderungen</i> .....	27
5.3	<i>Verwendete Hardware und Software</i> .....	28
5.3.1	Mischpult.....	28
5.3.2	Zuspielungen .....	31
5.3.3	Plug-In Server.....	32
5.3.4	Surround Sound Prozessor.....	32
5.4	<i>Annäherung an das Ursprungslayout</i> .....	34
5.5	<i>Mischpult-Migration</i> .....	36
<b>6.</b>	<b>Durchführung vor Ort</b> .....	<b>38</b>
6.1	<i>Heidelberger Stückemarkt</i> .....	39
6.1.1	Individuelle Vorbereitung für Heidelberg .....	39
6.1.2	Technische Einrichtung in Heidelberg .....	40
6.1.3	Proben und Vorstellung in Heidelberg .....	42
6.2	<i>Mülheimer Theatertage</i> .....	43
6.2.1	Individuelle Vorbereitung für Mülheim .....	44
6.2.2	Technische Einrichtung in Mülheim .....	44
6.2.3	Proben und Vorstellung in Mülheim .....	47
<b>7.</b>	<b>Erkenntnisse für kommende Gastspiele</b> .....	<b>48</b>
7.1	<i>Konzeption und Vorbereitung</i> .....	48
7.2	<i>Vorgehen vor Ort</i> .....	50
<b>8.</b>	<b>Fazit</b> .....	<b>52</b>
<b>9.</b>	<b>Literaturverzeichnis</b> .....	<b>VI</b>
	<i>Buchquellen</i> .....	<i>VI</i>
	<i>Internetquellen</i> .....	<i>VII</i>
<b>10.</b>	<b>Anhang</b> .....	<b>IX</b>

# Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Datenformat der AES/EBU Schnittstelle .....	5
Abbildung 2: Datenformat der MADI-Schnittstelle .....	6
Abbildung 3: D21m MADI-Einschubkarte mit Main- und Aux-LWL-Port via sowie Switch für 64ch und 56ch Mode.....	7
Abbildung 4: Netzwerkredundanz von RockNet .....	8
Abbildung 5: Zielkurve der J-, V- und Y-Systeme ohne Subwoofer von d&b Audiotechnik .....	16
Abbildung 6: Main PA rechts aus 8x LR7 und 2xLR7B in Stuttgart .....	19
Abbildung 7: Bühnenbild in Stuttgart.....	27
Abbildung 8: Local Rack der Vi400 (Quelle: Eigenes Foto) .....	30
Abbildung 9: Messung der Frequenzgänge in Mülheim: Averages der Main PA (cyan) und Surround Lautsprecher (rot) .....	46

# Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Ausspielwege aus Ableton Live 11 .....	31
Tabelle 2: Transportcase-Liste .....	38

# Abkürzungsverzeichnis

AD	Analog-Digital
AES	Audio Engineering Society
ANSI	American National Standards Institute
Aux	Auxiliary
AVB	Audio Video Bridging
Bit	Binary Digit
BNC	Bayonet Neill-Concelman
bspw.	beispielsweise
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
Cat5	Category 5 (Kabelstandard)
ch	Channel
DA	Digital-Analog
DAW	Digital Audio Workstation
dB	Dezibel
DI-Box	Direct Injection Box
DSP	Digital Signal Processing
DVS	Dante Virtual Soundcard
ebd.	ebenda
EBU	European Broadcast Union
EIAJ	Electronic Industries Association of Japan
ELA	Elektroakustisch
EQ	Equalizer
evtl.	eventuell
FOH	Front of House
HE	Höheneinheiten
HF	Hochfrequenz
IEC	International Electrotechnical Commission
IO	Input/Output
IP	Internet Protocol
kHz	Kilohertz
km	Kilometer
LR	Links Rechts



LRC	Links Rechts Center
LS	Lautsprecher
LSB	Least Significant Bit
m	Meter
Mac	Apple Macintosh
MADI	Multichannel Audio Digital Interface
Mbit	Megabit
ms	Millisekunden
MSB	Most Significant Bit
NF	Niederfrequenz
OSC	Open Sound Control
PA	Public Address
PC	Personal Computer
s	Sekunde
SC	Square Connector
S/MUX	Sample Multiplexing
S/PDIF	Sony/Philips Digital Interface Format
SDI	Serial Digital Interface
SL	Stage Left (von der Bühne aus gesehen links)
sog.	Sogenannte
SR	Stage Right (von der Bühne aus gesehen rechts)
TDM	Time Division Multiplexing
TP	Twisted Pair
UDP	User Datagram Protocol
USB	Universal Serial Bus
VBAP	Vector Based Amplitude Panning
vgl.	vergleiche
VST	Virtual Studio Technology
XLR	Ursprünglich Steckerserie „X“ der Firma ITT Cannon mit Latching/Locking-Funktion („L“) und Elastomeric/Rubber-Insulation („R“) <sup>1</sup> , auch geläufig unter Screen („X“), Line („L“) Return („R“)
z.B.	zum Beispiel

---

<sup>1</sup> vgl. Smyrek und Grzesinski (2020, S. XXIV)

# 1. Einleitung

Die Qualität einer Beschallung wird subjektiv dann als gut empfunden, wenn sie eigentlich nicht wahrgenommen werden möchte, sondern als Unterstützung des meist live dargebotenen Schallereignisses dient. Beschallung ist heute ein wichtiger Baustein bei der Wiedergabe und Verstärkung von Sprache und Musik und deren Klanggestaltung, der sog. Public Address (PA).<sup>2</sup>

Für eine Vielzahl von verschiedensten Anwendungsfällen müssen Beschallungsanlagen konzipiert, geplant, aufgebaut und überwacht werden. ELA-Anlagen an Bahnhöfen und Flughäfen für Informationsdurchsagen, Beschallungsanlagen in Versammlungsorten wie Kongressräumen, Messehallen oder Kirchen bis hin zu Sportarenen, Kinos, Konzerthäusern und Open-Air Musik-Festivals sind nur einige Beispiele für mögliche Szenarien, in denen Beschallungen nötig sind.

Beschallung wird immer dann eingesetzt, wenn ein akustisches Nutzsignal zu leise ist und deshalb für größeres Publikum lauter gemacht werden soll.<sup>3</sup>

Der Fokus der vorliegenden Arbeit liegt auf Beschallungsanlagen für Sprech- und Musiktheateranwendungen, bei denen der eingangs angeführte Effekt der auditiven „Unsichtbarkeit“ einer Beschallung besonders zum Tragen kommt. Gerade eine subtile Sprachverstärkung von Schauspieler\*innen im Sprechtheater stellt hohe Anforderungen an den Frequenzgang, die gleichmäßige Abdeckung sowie das Zusammenspiel der einzelnen Komponenten der meist fest installierten Beschallungsanlage eines Theaters. Zusätzlich kommt es meist zur Verwendung mehrerer Beschallungsebenen und -zonen, für die die jeweilige Mischung speziell angepasst werden muss.

Stücke im Sprech- und Musiktheater werden vorrangig für einen bestimmten Veranstaltungsort konzipiert und produziert, um die gegebenen räumlichen und technischen Möglichkeiten des Aufführungsorts bestmöglich zu nutzen. Soll ein bereits inszeniertes Stück für ein Gastspiel oder eine Tournee an einem neuen Veranstaltungsort zur Aufführung gebracht werden, geht dies mit einem großem technischen Aufwand für die technischen Gewerke eines Theaters einher.

Anhand des Gastspiels von „Forecast:Ödipus – Living on a damaged Planet“ wird die konkrete tontechnische Umsetzung eines praktischen Projekts, das vom Verfasser der vorliegenden Arbeit im gesamten Prozess von der Planung und Vorbereitung über die Realisierung vor Ort bis zur Reflektion als Systemtechniker begleitet wurde, beschrieben. Dabei ist sie in einen vorangestellten theoretischen und einen praktischen Abschnitt unterteilt. Ziel des ersten Teils ist, eine

---

<sup>2</sup> Zuleeg und Hoeg (2023, S. 685)

<sup>3</sup> ebd.

## 1. Einleitung

theoretische Basis zu legen, indem Grundlagen im Kompetenzprofil für Systemtechniker\*innen erläutert werden, während sich im praktischen Teil detailliert mit dem Gastspielprozess auseinandergesetzt wird.

Zunächst werden in Kapitel 2 etablierte Standards für die inzwischen übliche digitale Übertragung von Audiosignalen und deren Vorteile beschrieben. Dabei geht es gezielt um die Übertragungsform dieser Standards und deren Anwendung, zugrundeliegende Technologien wie bspw. AD-Wandlung und Netzwerktechnik werden erwähnt, jedoch nicht tiefgehender erläutert und als Grundlagenwissen vorausgesetzt.

Kapitel 3 behandelt den konkreten Aufbau einer typischen Beschallungsanlage, vom Signalfluss einer mobilen Konzertbeschallung über die Notwendigkeiten von redundanten Systemen bis hin zur festen Installation in einem Theater, beispielhaft dargestellt in Kapitel 3.5 anhand der Beschallungsanlage des Schauspielhauses der Staatstheater Stuttgart. Außerdem werden in Kapitel 3.3 Möglichkeiten der Einmessung für Lautsprechersysteme behandelt, um ein Beschallungssystem für die jeweiligen lokalen Gegebenheiten zu optimieren.

Kapitel 4 enthält einen Exkurs über aktuelle Möglichkeiten für Surround- und 3D-Beschallung, die häufig in Theatern genutzt wird. Nach der kurzen Differenzierung zwischen kanal- und objektbasierten Surround-Formaten werden in Kapitel 4.3 ausgewählte kommerzielle Systeme in ihrer Funktion und Anwendung beispielhaft beschrieben.

Nachfolgend bildet Kapitel 5 auf Basis der zuvor erarbeiteten Grundlagen den Ablauf der Vorproduktion für das Gastspiel anhand des chronologischen Planungsablaufs ab. Nach einer Bedarfsanalyse in Kapitel 5.2 wird in Kapitel 5.3 die Auswahl der passenden Systemkomponenten sowie deren Zusammenwirken in Kapitel 5.4 erläutert. Der Vorgang des Kopierens und Einrichtens des Showfiles auf dem Gastspiel-Mischpultsystem wird abschließend in Kapitel 5.5 erklärt.

Kapitel 6 beschreibt die individuelle Durchführung des Gastspiels an den beiden Spielorten Heidelberg und Mülheim an der Ruhr. Es werden sowohl individuelle Absprachen für die Vorplanung als auch die technische Einrichtung sowie der Proben- und Vorstellungsprozess beleuchtet. Abschließend wird der gesamte Produktionsprozess in Kapitel 7 in Bezug auf Vorproduktion und Durchführung vor Ort reflektiert und in Bezug auf mögliche Verbesserungen evaluiert.

Ziel des praktischen Teils ist, die in Kapitel 7 beschriebenen Implikationen für künftige Gastspiele in Bezug auf Vorbereitung und Durchführung anhand der konkreten Beschreibung von Herausforderungen und möglichen Lösungen zu untermauern.

In die Arbeit fließen neben gängiger Literatur und Herstellerinformationen auch die mehrjährige praktische Erfahrung des Autors als Theatertontechniker und freiberuflicher Tonmeister und Systemtechniker mit ein.

## 2. Digitale Audiosignalübertragung

In einer professionellen Beschallungsanlage werden die meisten Signale über Kabelverbindungen übertragen. Zwar werden auch Funkverbindungen für Mikrofon- und Instrumentensignale, sowie In-Ear-Monitoring genutzt, diese sollen aber aufgrund ihrer Komplexität als eigenes Themenfeld nicht Teil dieser Arbeit sein. Je nach Art der Signalquelle und Übertragungsformat werden unterschiedliche Kabel verwendet. NF-Kabel werden bspw. für die Übertragung analoger Mikrofonwege benutzt und benötigen zum Schutz vor Einstreuungen symmetrische Leitungen mit Abschirmung. Die Abschirmung bei HF-Kabeln, die für die Übertragung von hochfrequenten digitalen Signalen verwendet werden, dient dagegen hauptsächlich dazu, Einstreuungen in andere Kabel zu verhindern. Lautsprecherkabel benötigen keine Abschirmung, dafür jedoch größere Leitungsquerschnitte, um hohe Leistungen transportieren zu können.<sup>4</sup>

Bei einer großen Beschallungsanlage mit analoger Signalübertragung über Kupferkabel kann die Anzahl der Einzelleitungen enorm sein. Für jedes Signal wird jeweils eine eigene symmetrische Verbindung benötigt.<sup>5</sup> Diese können zwar in Multicore-Kabeln zusammengefasst werden, die jedoch mit steigender Kanalanzahl groß, schwer und unhandlich werden. Die Übertragung von digitalen Signalen im Audiobereich erfolgt im Normalfall über ein einziges Kabel. In diesem werden zwei oder mehr Audiokanäle sowie einige Hilfsinformationen seriell übertragen<sup>6</sup>. Ein weiterer Vorteil digitaler Übertragungstechnik ist die verlustfreie Übertragung der Audiodaten, die nicht vom Übertragungsmedium abhängig ist.<sup>7</sup> Allerdings müssen neue Kenngrößen wie Synchronisation, Samplerate und Bit-Tiefe berücksichtigt werden. Während die Latenzen bei analoger Audiotechnik zu vernachlässigen sind, sind sie bei digitaler Übertragung und Verarbeitung von Audiodaten durchaus relevant. Gerade in Bezug auf Monitoring-Anwendungen machen sich Latenzen für Musiker\*innen schon im höheren einstelligen Millisekunden Bereich bemerkbar.<sup>8</sup> Diese Parameter sind wichtig für die Auswahl eines passenden Übertragungsprotokolls, abhängig vom Bedarf der jeweiligen Anwendung.

---

<sup>4</sup> vgl. Pieper (2011, S. 105)

<sup>5</sup> Smyrek und Grzesinski (2020, S. 459)

<sup>6</sup> Friesecke (2014, S. 556)

<sup>7</sup> vgl. Görne (2015, S. 321)

<sup>8</sup> vgl. Arasin und Dickreiter (2023, S. 214)

## 2.1 Point to Point Verbindungen

Im Gegensatz zu analogen Verbindungen, bei denen das Audiosignal als kontinuierliche elektrische Spannung übertragen wird, nutzen digitale Verbindungen binäre Datenströme. Ein wesentlicher Aspekt digitaler Verbindungen ist eine normierte Codierung, die sicherstellt, dass die übertragenen Daten an der Senke korrekt interpretiert werden können.

Im Folgenden sollen anhand von AES3 und MAD1 zwei etablierte Audioprotokolle zur Übertragung von digitalen Mono, Stereo und/oder Mehrkanalsignalen vorgestellt werden.

### 2.1.1 AES3 und AES/EBU

1985 veröffentlichte die AES die erste Version der AES3-Spezifikation. ANSI (Amerika), EBU (Europa) und EIAJ (Japan) ratifizierten den Standard jeweils unter ihrer Nomenklatur, wenn auch mit kleinen Modifikationen. Die größte Modifikation führte die EBU mit der Verwendung von Übertragern für die symmetrische Leitungsführung ein, was zur Namensgebung AES/EBU-Interface führte.<sup>9</sup> Nahezu identisch ist unter dem Namen S/PDIF eine Schnittstelle für den Consumer Bereich vorhanden. [...] Das AES3 Interface hat einen XLR Steckverbinder, das S/PDIF Interface verfügt über eine Cinchbuchse oder einen optischen Toslink Stecker.<sup>10</sup> Letzteres wird jedoch unsymmetrisch übertragen und arbeitet mit niedrigeren elektrischen Pegeln.<sup>11</sup>

Im professionellen Bereich werden meist symmetrische XLR-Kabel mit 110  $\Omega$  Wellenwiderstand verwendet. Es ist jedoch auch eine unsymmetrische Übertragung über BNC-Kabel mit 75  $\Omega$  möglich, damit bspw. schon verbaute Videokabelinfrastruktur in Rundfunkanstalten genutzt werden kann.<sup>12</sup>

Über eine AES/EBU-Kabelverbindung werden im Zeitmultiplexverfahren (Time Division Multiplex, TDM) zwei digitale Audiokanäle übertragen. Das bedeutet, dass immer abwechselnd zuerst ein Audio-Sample von Kanal [A] und direkt danach ein Audio-Sample von Kanal [B] übertragen wird. Die Datenübertragung erfolgt blockweise, wobei ein Block in 192 Frames unterteilt ist. Ein Frame besteht wiederum aus zwei Subframes, welche jeweils 32 Bit lang sind.<sup>13</sup> Die 32 Bits in einem Subframe beinhalten 4 Sync-Bits für die Präambel und 4 Auxiliary-Bits, die wahlweise für Zusatzinformationen oder als Erweiterung der Audiodaten von 20 auf 24 Bit verwendet werden können. Nach den eigentlichen Audiodaten befinden sich am Ende des Subframes die Bits **V**[alidity],

---

<sup>9</sup> Götz (2023, S. 817)

<sup>10</sup> Friesecke (2014, S. 556)

<sup>11</sup> vgl. Conrad (2007, S. 10)

<sup>12</sup> vgl. Smyrek und Grzesinski (2020, 255f)

<sup>13</sup> Smyrek und Grzesinski (2020, S. 254)

## 2. Digitale Audiosignalübertragung

**U**[ser], **C**[hannel Status] und **P**[arity]<sup>14</sup>, von denen User- und Channel Status-Bit pro Block wieder zu einer Information zusammengesetzt werden. Das Validity-Bit steht für die Gültigkeit des gerade übertragenen Subframes, während das Parity-Bit die Prüfsumme der vorangegangenen 31 Bits überträgt. Die Verwendung des User-Bits ist den Anwender\*innen überlassen, oft werden Songtextinformationen oder ähnliches damit codiert. Ein Block kann maximal 24 Buchstaben darstellen. Im Channel-Status-Bit sind Informationen über Samplerate, Kanalanzahl und mehr enthalten.<sup>15</sup> Die Audiodaten und die Zusatzinformationen werden Bi-Phase-Mark codiert übertragen. Je nach Anzahl der Einsen und Nullen in diesen Daten ist der Spannungszustand am Ende der Daten nicht vorhersagbar. Aus diesem Grund existieren alle Präambeln in zwei Versionen. Die zweite Version ist zu der ersten Version invertiert oder 180° phasengedreht.<sup>16</sup>

In der Präambel (engl. Preamble) werden vor jedem Subframe Synchronisationsdaten wie Bit- und Wordclock zu übertragen. Außerdem definieren sie, welcher Subframe nachfolgend übertragen wird. Hierfür gibt es drei Versionen:

- X-Preamble: Start Subframe Kanal A
- Y-Preamble: Start Subframe Kanal B
- Z-Preamble: Start Subframe Kanal A und zugleich Start eines neuen Channel Status Blocks<sup>17</sup>

Bei Interfaces der Familie IEC-60958 werden die Präambeln statt mit X, Y und Z als M, W und B bezeichnet.<sup>18</sup>

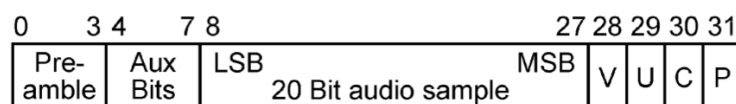
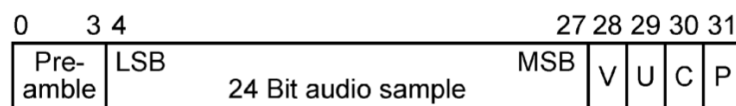


Abbildung 1: Datenformat der AES/EBU Schnittstelle  
(Quelle: Dickreiter (2023), S. 818)

Da die beiden Kanäle nicht nur Stereosignale, sondern auch zwei völlig unabhängige Monosignale (mit derselben Samplerate) beinhalten können, werden die Kanäle nicht mit L/R, sondern mit A/B bezeichnet. Ebenso ist es möglich, beide Kanäle zusammen für die Übertragung eines einzelnen,

<sup>14</sup> Slavik (2009, S. 991)

<sup>15</sup> vgl. Friesecke (2014, S. 556f)

<sup>16</sup> Friesecke (2014, S. 556f)

<sup>17</sup> vgl. <https://www.nti-audio.com/Portals/0/data/de/NTi-Audio-AppNote-AES3-AES-EBU-de.pdf>

<sup>18</sup> Weinzierl (2009, S. 991)

## 2. Digitale Audiosignalübertragung

schnell abgetasteten Signals (96kHz, 192kHz) zu benutzen. Diese Technologie heißt S/MUX mode, double wire mode oder laut AES "Single Channel Double Frequency mode".<sup>19</sup>

### 2.1.2 AES10 - MADI

Das Multichannel Audio Digital Interface (MADI) basiert auf einer Initiative der Firmen *AMS-Neve*, *Mitsubishi*, *Sony* und *SSL* aus dem Jahr 1988 zur Vereinfachung der Verbindung zwischen Mehrspurrekordern und Mischpulten. Heute ist MADI durch AES10 und ANSI S4.43 international standardisiert.<sup>20</sup>

Der ursprüngliche MADI-Standard beschreibt die serielle Übertragung von 28 AES/EBU-Frames, also 56 Audio-Kanälen.<sup>21</sup> Die Übertragung erfolgt unidirektional mit jeweils 24 Bit Auflösung über eine Koaxialleitung mit 75 Ω oder einen Lichtwellenleiter.<sup>22</sup> Auch eine bidirektionale Übertragung über Cat-Kabel (MADI-TP) ist möglich. Für eine bidirektionale Übertragung über BNC oder LWL müssen jeweils zwei Adern gelegt werden.

In einer neueren Variante AES10-2003 des Standards wurde aufgrund des Wegfalls der Varispeed-Funktion für digitale Bandmaschinen die Option für 64 Audiokanäle mit bis zu 48 kHz oder 32 Kanäle mit bis zu 96 kHz definiert.<sup>23</sup> Mit dem Standard AES10-2008 kam dann die zusätzliche Unterstützung für 64 Kanäle mit 96kHz.<sup>24</sup>

Die einzelnen Subframes eines MADI-Signals gleichen bis auf die Präambel denen eines AES3-Signals.

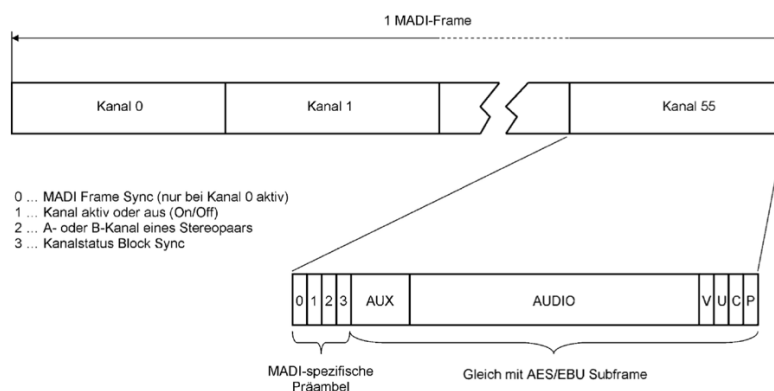


Abbildung 2: Datenformat der MADI-Schnittstelle  
(Quelle: Slavik (2009), S. 1002)

<sup>19</sup> <https://www.nti-audio.com/Portals/0/data/de/NTi-Audio-AppNote-AES3-AES-EBU-de.pdf>

<sup>20</sup> Slavik (2009, S. 1002)

<sup>21</sup> <https://archiv.rme-audio.de/products/madi-center.php>

<sup>22</sup> vgl. Smyrek und Grzesinski (2020, S. 256)

<sup>23</sup> vgl. Slavik (2009, S. 1003)

<sup>24</sup> vgl. <https://digico.biz/wp-content/uploads/2020/02/TN294-SD-Series-Madi-Implementation.pdf>

## 2. Digitale Audiosignalübertragung

Auch eine redundante Verkabelung von MADI wird von vielen Geräten in Form einer redundant ausgeführten Schnittstelle unterstützt, wobei die zweite Schnittstelle meist mit *Aux* oder *Help* beschriftet ist. Im Falle eines Ausfalls der Main-Verbindung schaltet das Gerät automatisch auf die zweite Verbindung um.<sup>25</sup>

Durch die verschiedenen Versionen und die Möglichkeit von proprietären Implementierungen von MADI können Kompatibilitätsprobleme entstehen, auch weil Hersteller wie bspw. Digico in ihren Implementierungen des Standards teilweise am traditionellen 56-Kanal Standard festhalten. Daher kann bei vielen MADI-Interfaces zwischen 56ch- oder 64ch-Modus umgeschaltet werden.

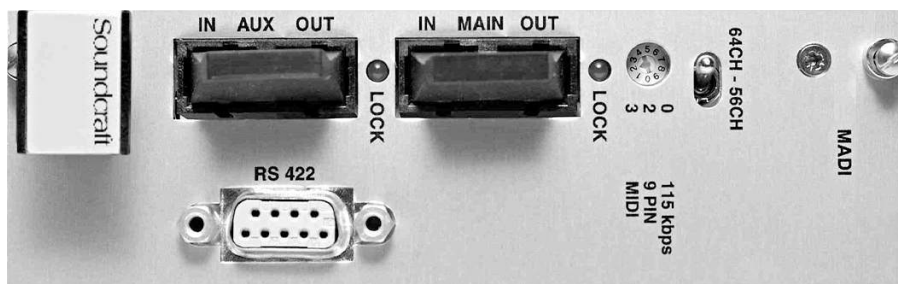


Abbildung 3: D21m MADI-Einschubkarte mit Main- und Aux-LWL-Port via sowie Switch für 64ch und 56ch Mode  
(Quelle: <https://www.audiopro.de/de/6777.html>; Letzter Zugriff: 11.08.2024, 17:30 Uhr)

## 2.2 Audionetzwerke

Eine weitere Möglichkeit, digitale Audiodaten zu übertragen, ist die Nutzung eines Audionetzwerks. Grundsätzlich geht es hierbei nicht mehr nur darum, Direktverbindungen zwischen zwei Punkten zu schaffen, sondern ein Netzwerk aufzubauen, innerhalb dessen Audiosignale an mehreren Punkten flexibel eingespeist und abgegriffen werden können. Somit können komplexe Systeme aufgebaut werden, die ohne große physische Patchfelder auskommen, da Signale über eine digitale Routingmatrix verteilt werden können. Auch digitale Splits sind unkompliziert möglich, da ein Signalfeed von mehreren Senken abonniert werden kann. Ebenso können Steuer- und Zusatzdaten über das Netzwerk mitverteilt werden.

Audionetze können entweder Ethernet-kompatibel sein und damit auf handelsüblichen Computern mit Ethernet-Netzwerkkarten basieren, oder es werden proprietäre Systeme angeboten. Die Übertragung der eigentlichen Audiodaten erfolgt oft mit dem AES/EBU- oder dem MADI-Protokoll.<sup>26</sup>

Im Folgenden werden die beiden Audionetzwerke *RockNet* und *Dante* beispielhaft für ein proprietäres und ein IP-basiertes Audionetzwerk erläutert.

<sup>25</sup> vgl. <https://www.nti-audio.com/Portals/0/data/de/NTi-Audio-AppNote-MADI-de.pdf>

<sup>26</sup> vgl. Smyrek und Grzesinski (2020, S. 459)



## 2.2.1 RockNet

Das Echtzeit-Audionetzwerk *RockNet* wurde ursprünglich von *Media Numerics* entwickelt, die 2008 von *Riedel Communications* übernommen wurden.<sup>27</sup> *Riedel* war und ist vor allem als Hersteller für Intercom- und Funktechnik bekannt und bietet auch Produkte für netzwerkbasierte Videotechnik an. *RockNet* gehört inzwischen zu den Legacy Produkten und wird nicht mehr neu verkauft, ist aber dennoch in vielen Installationen verbaut und wird nach wie vor von Riedel supportet.<sup>28</sup>

*RockNet* ist ein dezentrales Audionetzwerk, das aus einzelnen Modulen besteht. Diese werden per CAT5-Kabel mit RJ54 Ethercon-Steckern ringförmig redundant mit den Nachbargeräten verbunden. Bei einer Punkt zu Punkt Verbindung werden somit zwei Geräte mit einer parallelen Verbindung betrieben. Alle Kanäle werden simultan im und gegen den Uhrzeigersinn übertragen. Durch diese Netzwerktopologie werden im Falle eines Verbindungsverlustes zwischen zwei Geräten die Daten in entgegengesetzter Richtung zur Senke übertragen.

Ein einfacher Verbindungsabbruch zwischen zwei Geräten beeinträchtigt somit nicht die Audioübertragung, da *RockNet* den oben beschriebenen Fehler automatisch erkennt und das Netzwerk neu konfiguriert.

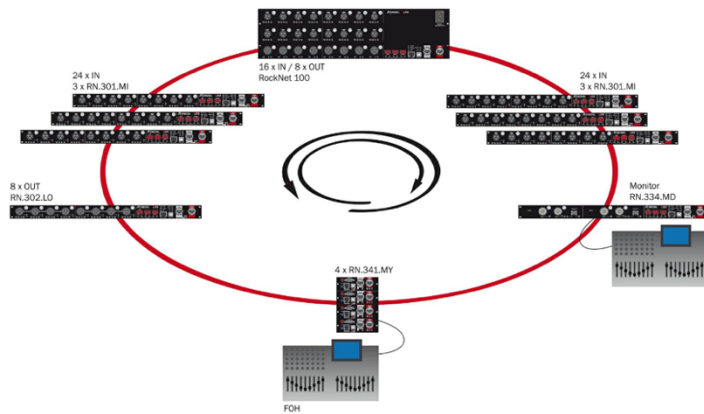


Abbildung 4: Netzwerkredundanz von RockNet

(Quelle: *RockNet Handbuch 2.4*, abrufbar unter: [https://www.riedel.net/fileadmin/user\\_upload/800-downloads/06.2-Manuals-Audio/RockNet\\_Manual\\_v2\\_4\\_EN.pdf](https://www.riedel.net/fileadmin/user_upload/800-downloads/06.2-Manuals-Audio/RockNet_Manual_v2_4_EN.pdf) S.16; Letzter Zugriff 11.08.2024, 17:30 Uhr)

Obwohl *RockNet* Cat5-Kabel nutzt, basiert es nicht auf Ethernet. Das *RockNet* Übertragungsprotokoll ist proprietär, weshalb es nicht in bestehende Ethernet-Netzwerke implementiert werden kann. Es steht jedoch eine begrenzte Bandbreite von 4Mbit/s zur Verfügung, um Ethernet-Daten wie beispielsweise Steuernetze über *RockNet* zu tunneln. Die maximale Leitungslänge zwischen den einzelnen Modulen ist durch die CAT5-Leitung auf 150m begrenzt, kann durch dein

<sup>27</sup> vgl. [https://www.wz.de/nrw/wuppertal/wirtschaft/riedel-uebernimmt-media-numerics\\_aid-31547847](https://www.wz.de/nrw/wuppertal/wirtschaft/riedel-uebernimmt-media-numerics_aid-31547847)

<sup>28</sup> vgl. <https://www.riedel.net/en/products-solutions>

## 2. Digitale Audiosignalübertragung

Einsatz von „Network Interfaces“ wie dem *In-Line Repeater* jedoch um jeweils weitere 150m erweitert werden. Mit dem *Fiber-Optical Converter* kann mithilfe von Single-Mode Glasfaser-Leitungen die Leitungslänge auf bis zu 20km verlängert werden.<sup>29</sup>

Es können bis zu 99 Module in einem Netzwerk zusammengeschaltet werden, die gleichzeitig bis zu 160 Audiokanäle bei 24-bit und 48kHz übertragen. Auch eine Samplerate von 96kHz ist möglich, dies halbiert jedoch die maximal mögliche Kanalanzahl.

Die einzelnen Module sind entweder „Audio Interfaces“, die über konventionelle Schnittstellen wie Mic-/Line Inputs, Line Outputs, AES/EBU oder MADI verfügen, oder „Console Interfaces“, die als Einschubkarten für Mischpultsysteme von Soundcraft (Si- und Vi-Serie, letztere per D21m Slot-Format), Studer (dieselbe D21m Karte wie Soundcraft Vi) und Yamaha-Konsolen (MY-Format) ausgeführt sind. Über diese Console Interfaces können Audiosignale sowie Steuerinformationen für Mikrofonvorverstärker zwischen *RockNet* und dem Mischpult ausgetauscht werden.

Eine Besonderheit des *RockNet* ist die Gain-Kompensation: Eine Veränderung der Eingangverstärkung an einem digitalen Mischpult zur FOH-Beschallung führt zu einer gegenläufigen Regelpbewegung bei einem zweiten angeschlossenen Monitormischer.<sup>30</sup>

Audiofeeds, die ins Netzwerk eingespeist werden, werden als „Adds“, jene die aus dem Netzwerk ausgegeben werden „Drops“ bezeichnet. Jeweils vier Kanäle können als ein „Quad“ zusammengefasst werden, wobei jedes Quad mit einer individuellen Nummer benannt ist. Adds können beispielsweise Mikrofon-Vorverstärker und AES-Inputs eines Inputmoduls sein, sowie Bus-Ausgänge eines Mischpults mit *RockNet*-Karte, die in das Netzwerk geroutet werden. Ebenso können Drops Line-, AES- oder Madi-Ausgänge an Outputmodulen sowie der Signalfeed eines Mikrofonvorverstärkers sein, der an ein Mischpult ausgegeben wird. Dabei wird immer aus Sicht des Netzwerks gedacht.

Gesteuert wird das Netzwerk entweder (mit eingeschränkter Funktionalität) über das Bedienfeld an den einzelnen Modulen oder über die Steuersoftware *RockWorks*, die auf einem PC oder Mac läuft, der über einen USB-Anschluss an jedes Modul im Netzwerk angeschlossen werden kann. *RockWorks* erlaubt darüber hinaus die Vergabe von Namen für alle Geräte und Kanäle des Netzwerks. Die Software bietet eine Anzeigefläche für Alarmhinweise und ermöglicht einen Reset des gesamten Netzwerks und aller angeschlossener Geräte.<sup>31</sup>

---

<sup>29</sup> vgl. Smyrek und Grzesinski (2020, S. 462f)

<sup>30</sup> ebd., S.462

<sup>31</sup> vgl. <https://www.riedel.net/de/produkte-loesungen/distribuierte-videonetze/rocknet/software>

*RockNet* gibt es in den Systemausführungen *RockNet 100*, sowie der weiterentwickelten Ausführung *RockNet 300*. *RockNet 100* ist insgesamt weniger potent und verfügt unter anderem nur über 80 zu verwaltende Kanäle, lediglich 48kHz Samplerate, geringeren Dynamikumfang sowie keine Remote-Power Funktion für In-Line-Repeater.<sup>32</sup>

### 2.2.2 Dante

*Dante* steht für „Digital Audio Network Through Ethernet“ und ist ein IP-basiertes Audionetz. Es ist das zurzeit am weitesten verbreitete Audionetz und eignet sich sowohl für Live- als auch für Studioanwendungen.<sup>33</sup> Entwickelt und vertrieben wird es seit 2006 vom australischen Hersteller *Audinate*. Inzwischen bieten über 600 Firmen in mehr als 4000 Produkten *Dante*-kompatible Hardware in Form von Mischpult-Einschubkarten, Stageboxen, Breakout-Boxen und Consumer-Interfaces an.<sup>34</sup>

Die Übertragung der Audiodaten erfolgt mithilfe von IP-Datenpaketen, die mit den Zieladressen der Empfänger versehen und mithilfe von UDP versendet werden.<sup>35</sup> Daher braucht jedes Gerät im Netzwerk eine IP-Adresse im gleichen Subnetz. Für eine redundante Anwendung haben viele Geräte zwei Netzwerkanschlüsse für ein Primary- und ein Secondary-Netzwerk mit jeweils eigener IP-Adresse. Die Netzwerke werden getrennt voneinander aufgebaut, wobei das Routing aus dem Primary-Netzwerk automatisch in das des Secondary-Netzwerks mitübernommen wird. Im Falle eines Fehlers oder Ausfalls im Primary-Netzwerk wird automatisch auf das Secondary-Netzwerk umgeschaltet.

Neben komplexen Netzwerk-Topologien mit integrierten Switches und Routern sind auch einfache Point to Point Verbindungen, bspw. zwischen einem Mischpult und einer Stagebox möglich. Auch eine Daisy-Chain Verkabelung ist möglich, wird jedoch aus Latenzgründen und aufgrund fehlender Redundanz nicht empfohlen. Als Kabel können Standard-Cat5 Kabel oder höher sowie für längere Strecken Glasfaserkabel mit kompatiblen Switches benutzt werden. *Dante* kann daher auf oft schon verlegte Kabelinfrastruktur zugreifen und auch in bereits vorhandene Netzwerke eingebunden werden. Hier ist jedoch eine auf eine passende Dimensionierung und Konfiguration der einzelnen Netzwerkkomponenten zu achten. Beispielsweise sollte Energy Efficient Ethernet (EEE) oder Green Ethernet deaktiviert sein und vor allem in 100Mbit-Umgebungen die Option QoS

---

<sup>32</sup> vgl. [https://www.riedel.net/fileadmin/user\\_upload/800-downloads/06.2-Manuals-Audio/Rocknet\\_Comparison\\_RN100\\_vs.\\_RN300\\_\\_EN\\_.pdf](https://www.riedel.net/fileadmin/user_upload/800-downloads/06.2-Manuals-Audio/Rocknet_Comparison_RN100_vs._RN300__EN_.pdf)

<sup>33</sup> Smyrek und Grzesinski (2020, S. 460)

<sup>34</sup> vgl. <https://www.audinate.com/company/history/>

<sup>35</sup> vgl. <https://www.getdante.com/support/faq/how-is-audio-transmitted-over-the-network>

(Quality of Service) aktiviert werden, um die zeitkritische Übertragung von *Dante* im Netzwerk zu priorisieren.

Auch wenn die Einbindung in Netzwerke aufgrund der standardisierten IP-Pakete möglich ist, ist die eigentliche Audio- und Metadatenübertragung proprietär und nicht einsehbar. Zu viele sog. „Hops“ im Netzwerk erhöhen außerdem die Latenz eines Audiosignals. Daher wird für Neuinstallationen die Verwendung von Gigabit-fähigen Switches empfohlen. Es ist ebenfalls ein Mischbetrieb von 100Mbit- und Gigabit-fähigen Komponenten ist möglich.<sup>36</sup>

Die Kanäle für die Datenübertragung werden in sog. „Flows“ organisiert. Dabei werden vier Kanäle zu einem Flow zusammengefasst und übertragen. Diese können entweder per Unicast an ein bestimmtes Gerät oder per Multicast an mehrere Geräte geschickt werden. Dies spart genutzte Bandbreite im Netzwerk ein.<sup>37</sup> Die maximale Kanalanzahl und die individuellen Latenzen in einem *Dante*-Netzwerk sind ebenfalls von der Dimensionierung und Konfiguration der Komponenten abhängig. Über eine einzelne Gigabit-Leitung lassen sich beispielsweise 512 Kanäle mit 24-bit/48kHz bidirektional übertragen, während über eine Fast Ethernet Leitung mit 100Mbit/s bei gleichen Einstellungen lediglich 48 Kanäle bidirektional möglich sind.<sup>38</sup> Es werden Samplerates bis 192kHz und Bit-Tiefen bis 32-bit unterstützt, dies geht jedoch wieder mit der Reduktion der maximalen Kanalanzahl einher.<sup>39</sup> Es findet auch keine Samplerate-Konvertierung statt, weshalb Geräte mit unterschiedlichen Samplerates zwar im Netzwerk koexistieren können, für die Übertragung von Audiodaten jedoch die gleiche Samplerate nutzen müssen. Die Latenzen können pro Verbindung gewählt werden und bleiben in der *Dante*-Domäne meist unter einer Millisekunde. In der Latenzberechnung müssen jedoch auch die Latenzen von Netzwerk hops und nachgeschalteten Elementen wie Systemcontrollern addiert werden.<sup>40, 41</sup>

Routing und Steuerung im Netzwerk wird von der für Mac und PC erhältlichen *Dante Controller* Software übernommen. Ebenfalls können hier Latenz und Datenverkehr von und zu einzelnen Geräten im Netzwerk überwacht und globale Einstellungen wie die Konfiguration von IP-Adressen, Namensgebung und Labels sowie Synchronisationsverwaltung getätigt werden. Auch die Firmwareupdates der *Dante*-Chips einzelner Systemkomponenten ist über den *Dante Controller* möglich.

---

<sup>36</sup> vgl. <https://www.getdante.com/support/faq/does-dante-require-special-switches>

<sup>37</sup> vgl. Smyrek und Grzesinski (2020, S. 461)

<sup>38</sup> vgl. <https://pinanson.eu/en/glossary/dante-protocol/>

<sup>39</sup> vgl. Smyrek und Grzesinski (2020, S. 461)

<sup>40</sup> vgl. <https://www.getdante.com/support/faq/how-much-latency-is-acceptable-in-a-live-sound-situation>

<sup>41</sup> vgl. <https://www.getdante.com/support/faq/is-the-latency-the-same-between-all-devices-for-the-whole-system>

### 3. Anforderungen an eine Theater-Beschallungsanlage

Über die ebenfalls für Mac und PC erhältliche Software *Dante Virtual Soundcard (DVS)* können bis zu 64 Kanäle bidirektional zwischen dem *Dante* Netzwerk und einem Rechner über dessen Netzwerk-Port ausgetauscht werden. So können in Verbindung mit einer DAW schnell und ohne zusätzliche Hardware verlustfreie, digitale Recording- oder Zuspieldmöglichkeiten geschaffen werden. Jedoch ist die minimal mögliche Latenz bei der *DVS* auf 4ms festgelegt und der redundante Betrieb über eine zusätzliche Verbindung zum Secondary Netzwerk wird nicht unterstützt.

## 3. Anforderungen an eine Theater-Beschallungsanlage

Im folgenden Kapitel soll Aufbau und Funktion einer Theaterbeschallungsanlage beschrieben werden. Um dies zu veranschaulichen, wird zunächst der Aufbau einer klassischen Konzertbeschallung und deren Systemkomponenten anhand eines typischen Signalflusses beschrieben. Diese Übersicht wird als Grundlage für den Vergleich mit theatertypischen Beschallungssystemen herangezogen, die erst in ihren Erweiterungen und abschließend als konkretes Anwendungsbeispiel anhand der Beschallungsinstallation im Schauspiel Stuttgart beschrieben wird.

### 3.1 Typische Konzertbeschallung

Der Signalfluss einer Beschallung beginnt an einer Quelle. Diese kann entweder ein akustisches Ereignis, das mit einem Mikrofon eingefangen wird, oder ein elektronisches Signal, bspw. aus einem Zuspielder, Sampler oder Synthesizer, sein. Das Signal wird bei Bedarf mithilfe von DI-Boxen symmetriert und dann (teilweise über Sub-Cores) auf eine Stagebox gesteckt. Der Stagebox vorgeschaltet ist evtl. ein analoges Split System, das mithilfe von Trenntrafos eine Quelle auf mehreren Ausgängen bereitstellt, die dann an unterschiedliche Stageboxen weitergegeben werden können. Dies ist bei der Einbindung mehrerer Mischpulte (beispielsweise einem zusätzlichen Monitor- und/oder Sendepult) üblich, damit jedes Mischpult unabhängig von den Gain-Einstellungen der anderen Pulte arbeiten kann.<sup>42</sup>

Mittlerweile sind digitale Stageboxen gängig, die das analoge Signal in die Digitale Domäne wandeln. Von dieser aus wird das Signal über ein Multicore-Kabel, in dem heute statt rein analoger Leitungen meist mehrere Cat- und/oder LWL, Strom und NF-Leitungen verbaut sind, zum FOH weitergeleitet. Dort befindet sich das Mischpult für den Publikumsmix, in aller Regel ein digitales Mischpult, analoge Mischpulte sind im professionellen Bereich kaum noch anzutreffen. Je nach digitalem Mischpultsystem kann die Übertragung zwischen Stagebox und Pult über etablierte Standards wie MADI oder *Dante* oder über proprietäre Audioprotokolle wie bspw. *GigaACE* oder

---

<sup>42</sup> vgl. Pieper (2011, S. 286f)

### 3. Anforderungen an eine Theater-Beschallungsanlage

*S-Link* von *Allen&Heath* erfolgen.<sup>43</sup> Im Mischpult selbst wird die Bearbeitung und Mischung aller Signale vorgenommen, wobei eventuell auch zusätzliche Monitormischungen angefertigt werden müssen. Oft werden Hall oder Delay Effekte verwendet, die schon im Mischpult integriert sind, gängig ist aber auch die Nutzung von externen VST-Plugin-Servern, seltener auch analogem Outboard-Equipment zur Signalbearbeitung.

Die fertige Stereo-Mischung wird dann entweder direkt ausgespielt oder im Pult auf Matrizen verteilt, um einzelne Lautsprechergruppen wie Subwoofer oder Nahfeld-Systeme getrennt ansteuern zu können. Diese Signale werden dann an einen Systemcontroller übergeben, welcher die finale Verteilung auf die jeweiligen Leistungsverstärker (Amps) übernimmt und Delay-Zeiten und Pegel festsetzt. In vielen modernen Amps ist der Systemcontroller in Form von DSP schon integriert. Um mehrere Amps kontrollieren zu können werden sie in ein Netzwerk eingebunden, in dem die Steuerdaten an einen Rechner geschickt werden, der alle Amps fernsteuert.

Je größer und komplexer eine Beschallungsanlage werden soll, desto wichtiger wird eine genaue und detaillierte Vorplanung der einzelnen Systemkomponenten. Diese müssen sowohl ausreichend dimensioniert als auch in ihren elektrischen und akustischen Kenngrößen aufeinander sowie an die räumlichen und inhaltlichen Anforderungen angepasst sein. Um dieser Komplexität gerecht zu werden, gibt es diverse Simulationsprogramme, die im Voraus Aussagen über z.B. Pegel- und Frequenzverteilung in einzelnen Zuhörerbereichen treffen können.<sup>44</sup>

Für die Planung von Beschallungsanlagen gilt der Grundsatz, möglichst viel der insgesamt abgestrahlten Schalleistung auf die Zuhörerfläche zu bringen und möglichst wenig in alle anderen Bereiche. In Räumen wird damit die meist unerwünschte Anregung des Nachhalls im Raum oder von Echos vermieden und bei Veranstaltungen im Freien werden so die Störungen des benachbarten Umfeldes reduziert. Grundvoraussetzung dafür ist ein kontrolliertes Richtverhalten der Lautsprecher und ein adäquates Beschallungskonzept.<sup>45</sup>

Es wird zwischen zentralen, zentral gestützten und dezentralen Beschallungsformen unterschieden.<sup>46</sup> In Konzertsituationen finden sich meist zentrale Beschallungsanlagen. Bei großen Veranstaltungen, sehr langen oder akustisch schwierigen Räumen finden sich auch zentral gestützte Beschallungsanlagen mit Delay-Lines. Diese Delay-Lines werden dann auf die Hauptbeschallung verzögert. Die Verzögerungszeit ergibt sich aus dem Abstand der beiden Lautsprecher zu einem

---

<sup>43</sup> vgl. <https://www.allen-heath.com/hardware/audio-networking/gigaace/>

<sup>44</sup> vgl. <https://ifaa-akustik.de/kompetenzen/beschallungsanlagen/>

<sup>45</sup> Ahnert und Goertz (2009, S. 498)

<sup>46</sup> vgl. Ahnert und Steffen (1993, S. 245ff)

### 3. Anforderungen an eine Theater-Beschallungsanlage

repräsentativen Messpunkt sowie der Schallgeschwindigkeit.<sup>47</sup> Zusätzlich zu dieser errechneten Zeit kann eine Delay-Zeit von bis zu 30ms addiert werden, um durch den Haas- und Präzedenzefekt psychoakustisch die Illusion einer einzelnen Schallquelle zu erzeugen. Die Delay-Lines bleiben als Primärschallquelle unhörbar und die Ortung wird vom Hauptsystem wahrgenommen.<sup>48</sup> Hierbei muss jedoch zusätzlich zur Ankunftszeit auch auf die Phasenlage der Signale geachtet werden, um Auslöschungen und Kammfiltereffekte zu vermeiden. Auch bei Nahfeld-Systemen kann über die Delay-Zeit die Ortung der Schallquelle gesteuert werden. Dabei sollte abgewogen werden, ob die Ortung aus Richtung des (meist geflogenen) Hauptsystems oder aus Richtung des tatsächlichen Bühnengeschehens erfolgen soll.

## 3.2 Redundanz, Fernsteuerung und Überwachung

Je größer und komplexer eine Beschallungsanlage wird, desto mehr Wert wird auf Ausfallsicherheit und Überwachungsmöglichkeiten der einzelnen Geräte gelegt.

Anfangen bei der Vorbereitung von Havarie-Mikrofonen und Instrumenten, über die redundante Auslegung der Verbindungen innerhalb von Audionetzwerken oder MADI-Streams bis hin zu doppelt vorhandenen Mischpulten, Rechnern und anderen wichtigen Systemkomponenten können verschiedenste Sicherheitsmaßnahmen ergriffen werden, um einen sicheren und unterbrechungsfreien Ablauf von Veranstaltungen zu ermöglichen. Der Aufwand muss hierbei jedoch immer im Verhältnis zum Sicherheitsbedarf der Veranstaltung stehen. Auch die Dimensionierung der Stromversorgung für die einzelnen Systemkomponenten ist von großer Wichtigkeit und gerade bei mobilen Aufbauten oft die erste Fehlerquelle. Hier kann an wichtigen Systempunkten wie Netzwerkschwitches und digitalen Mischpulten die Installation einer USV sinnvoll sein. So kann im Notfall die Stromquelle beispielsweise von Feststrom auf Aggregatstrom gewechselt werden, ohne kritische Systeme mit langer Boot-Zeit herunterfahren zu müssen.<sup>49</sup> Oft sind in systemkritischen Komponenten auch zwei Netzteile verbaut, die beide in der Lage sind, das zugehörige Gerät mit Strom zu versorgen. Werden beide Netzteile auf unterschiedliche Stromkreise gesteckt kann sowohl der Ausfall eines Netzteils oder einer Stromversorgung kompensiert werden.

Auch die Fernsteuerung und Überwachung wichtiger Systemkomponenten wie Funkstrecken, Netzwerken und Amps ist bei großen, dezentralen Installationen von großer Wichtigkeit. Die meisten Hersteller von professionellem Beschallungsequipment bieten entsprechende Monitoring- und Steuerssoftwares an. Da diese Daten genauso wie viele Audiodaten inzwischen meist über

---

<sup>47</sup> vgl. Smyrek und Grzesinski (2020, S. 381)

<sup>48</sup> vgl. Görne (2015, S. 128)

<sup>49</sup> vgl. Conrad (2007, S. 227)

Netzwerke übertragen werden gehört ein grundlegendes Verständnis von Netzwerk- und EDV-Technik heute zu den Kompetenzen moderner Systemtechniker\*innen.

## 3.3 Frequenzgang und Einmessung der Lautsprecher

Als Frequenzgang eines Lautsprechers wird dessen Antwort in Abhängigkeit von der Frequenz auf ein ihm zugeführtes Signal bezeichnet. Der anzustrebende Frequenzgang eines Lautsprechers sollte so ausgeglichen wie möglich sein, und dies über einen möglichst großen Frequenzbereich hinweg. Anders als bei einem Regielautsprecher, müssen bei einem Beschallungslautsprecher abweichende Parameter berücksichtigt werden. [...] Da im Gegensatz zum Regielautsprecher in einem Studio sich die meisten Zuhörer bei einer Beschallung nicht auf der Achse des Lautsprechers befinden, sollten sich der Frequenzgang als auch die Klangcharakteristik eines Beschallungslautsprechers auch abseits der Hauptabstrahlrichtung möglichst gleichmäßig verhalten.<sup>50</sup> Gerade bei einer unterstützenden Beschallung, bei der die Originalschallquelle (bspw. die Stimme einer Schauspielerin oder ein Klavier auf der Bühne) immer noch wahrnehmbar im Raum zu hören ist und durch die Beschallung lediglich gestützt wird ist eine gleichmäßige Frequenzabbildung eines Lautsprechers unabdingbar, wenn dieser nicht wahrgenommen werden soll. Dieser Effekt kann mit korrekten Verzögerungen der Quelle passend zum Abstand zum Lautsprecher noch verstärkt werden. Wenn mehrere Lautsprecher zusammenspielen, muss zusätzlich zur in Kapitel 3.1 beschriebenen Delay-Zeit jedes Lautsprechers auch die Balance zwischen den Lautsprechern eingestellt werden. Gerade im Bassbereich werden im Vergleich zur restlichen Beschallungsanlage oft höhere Pegel erreicht, als dies in einer Studioumgebung üblich wäre. Der Gesamtfrequenzgang eines Beschallungssystems kann daher von 20Hz-150Hz oft 5-10dB angehoben sein und dann bis 1kHz gleichmäßig abfallen. Genauso sind auch frequenzlineare Systeme nicht unüblich. Die letztendliche Zielkurve wird jeweils individuell und subjektiv von den ausführenden Systemtechniker\*innen und Tonmeister\*innen bestimmt und muss immer an den zu beschallenden Raum und Inhalt angepasst werden.

---

<sup>50</sup> Zuleeg und Hoeg (2023, S. 715)



### 3. Anforderungen an eine Theater-Beschallungsanlage

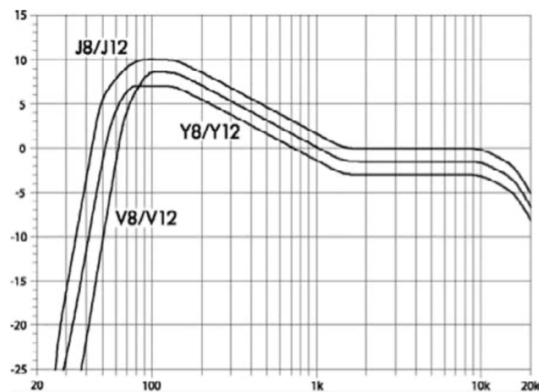


Abbildung 5: Zielkurve der J-, V- und Y-Systeme ohne Subwoofer von d&b Audiotechnik  
(Quelle: d&b Array Processing Technical Whitepaper, abrufbar unter: <https://www.dbaudio.com/global/de/service-und-support/downloads/?category=9> S. 5; Letzter Zugriff 11.08.2024, 17:30 Uhr)

Hilfreich kann hier die Messung mit Testsignalen und Messmikrofonen sein. Meist werden aus der Nachrichtentechnik bekannte Signale wie Sweeps oder Rauschsignale verwendet, die auf die einzelnen Lautsprecher geschickt werden. Mithilfe einer Mess-Software können dann die ursprünglich eingespielten Signale und die über ein oder mehrere Messmikrofone aufgenommenen, tatsächlich im Raum wiedergegebenen Signale verglichen werden. Wird nur ein Messmikrofon verwendet sollten unbedingt an mehreren Positionen im Raum Messungen durchgeführt werden, um mithilfe eines Durchschnitts dieser Messungen ein möglichst repräsentatives Ergebnis zu erhalten, ohne den zu starken Einfluss lokaler Auslöschungen oder Reflexionen mit einzubeziehen. Anhand der errechneten Frequenzantwort können Korrekturen durch inverse Filter, meist durch Absenkungen bestimmter Frequenzbereiche, gezielt eingesetzt werden, um störenden Resonanzen entgegenzuwirken. Hierbei ist darauf zu achten, nur so viele Filter wie unbedingt nötig zu setzen, um einen möglichst linearen Phasengang des Systems zu erhalten.<sup>51</sup> Anhand der Phasenlage und gemessener Impulse, die in den meisten Mess-Softwares dargestellt werden können, kann auch die Delay-Zeit für Lautsprecher verifiziert und angepasst werden, die zuvor aus den Abständen der Lautsprecher errechnet wurde.

Angesichts der Möglichkeiten, welche die Elektronik heutzutage bietet, wird oft das eigene Ohr vergessen. Wichtig neben allen objektiven Messmethoden ist daher immer auch die anschließende subjektive Überprüfung des Klangbildes an verschiedenen Hörerplätzen. Eine gute Möglichkeit dafür bieten die Proben mit den Originalschallsignalen.<sup>52</sup> Auch kann es hilfreich sein, die PA über ein Gesangs- oder Talkback-Mikrofon mit der eigenen Stimme oder gut bekannter Musik zu beschicken.<sup>53</sup> Gerade die menschliche Stimme ist dem Ohr so gut vertraut, dass Verfärbungen schnell auffallen und korrigiert werden können. Es muss jedoch auch auf die klanglichen

<sup>51</sup> vgl. Pieper (2011, S. 370ff)

<sup>52</sup> Smyrek und Grzesinski (2020, S. 402)

<sup>53</sup> vgl. Pieper (2011, S. 371)

### 3. Anforderungen an eine Theater-Beschallungsanlage

Eigenschaften des verwendeten Mikrofons wie bspw. den Nahbesprechungseffekt Rücksicht genommen werden.

Zusätzlich zum objektiven Einmessen kann auch ein subjektiver, an den späteren Mix angepasster, auch als „Geschmacks-EQ“ bezeichneter, Summen-EQ verwendet werden, um Filter, die später in jedem Kanal gesetzt würden, einzusparen und zu verhindern, dass umgangssprachlich „gegen die PA angemischt“ werden muss. Grundsätzlich sollte vom System-Design bis hin zum System-Tuning immer der letztendlich wiederzugebende Inhalt bedacht werden, damit dieser seinen individuellen Anforderungen entsprechend bestmöglich wiedergegeben werden kann.

## 3.4 Verschiedene Beschallungsebenen im Theater

Speziell in Theatern und Musiktheatern mit „Guckkastenbühnen“ dienen Beschallungsanlagen dazu, die Bühnensituation zu verstärken.<sup>54</sup> Voraussetzung für die Installation einer professionellen Theater-Beschallungsanlage ist grundsätzlich eine gute Vorausplanung unter Einbeziehung des zu beschallenden Raums und der zu erwartenden technischen Anforderungen. So benötigt eine Opernproduktion meist nur Effekt- und Geräuscheinspielungen oder gar keine Beschallung, während bei einer Musicalproduktion eine komplette Band- und Gesangsverstärkung erforderlich ist. Für die Anzahl und Ausrichtung der Lautsprecher gelten im Theater die gleichen Prinzipien wie bei einem Konzert, es wird also eine möglichst flächendeckende Beschallung des gesamten Zuschauerbereichs angestrebt. Allerdings ist in Theaterhäusern eine fest installierte Beschallungsanlage die Regel, daher kann der Aufwand im Vergleich zu einer mobilen Konzertbeschallung auch etwas größer sein.<sup>55</sup>

Es wird bei Theatern zwischen En-Suite- und Repertoire-Betrieb unterschieden. Während im En-Suite Theater jeden Abend die gleiche Produktion gespielt wird, können die Stücke und Proben in Repertoire-Theatern täglich wechseln. Die Einrichtung im En-Suite-Betrieb kann daher sehr genau auf die Bedürfnisse des jeweiligen Stücks angepasst werden, während im Repertoire-Betrieb dagegen auf eine Vielseitigkeit und Flexibilität der Anlage geachtet werden muss.

Meist wird als Haupt- oder Portalbeschallung auf eine LRC-Anordnung zurückgegriffen, wenn dies möglich ist. Bei der Auswahl (Linien- oder Punktquellen) und Positionierung der Lautsprecher müssen oft Kompromisse mit Beleuchtung und Bühnenbild gemacht werden, auch finanzielle Aspekte und die Vorlieben der verantwortlichen Sound-Designer\*innen spielen eine Rolle.<sup>56</sup> Um eine Ortung direkt aus dem Bühnenraum oder dedizierten Positionen auf der Bühne zu erzielen ist

---

<sup>54</sup> Zuleeg und Hoeg (2023, S. 708)

<sup>55</sup> Smyrek und Grzesinski (2020, S. 390)

<sup>56</sup> vgl. Leonard (2001, S. 131)

### 3. Anforderungen an eine Theater-Beschallungsanlage

auch ein Einbau von Lautsprechern in das jeweilige Bühnenbild üblich, wobei Repertoire-Theater meist eine feste Hinterbühnenbeschallung installiert haben, um den Bühnenraum anregen zu können.

Neben der reinen Frontalbeschallung werden zunehmend sog. 360°- oder Surround-Systeme verwendet, um Klangobjekte durch den Raum zu bewegen. Lautsprecheranordnungen um den Zuhörerbereich herum schaffen [...] ein Gefühl von Räumlichkeit. Die Dimensionierung der Anlage für den Frontalanteil, der die Bühne unterstützt, ist stärker dimensioniert als der Raumanteil. Sollten künstliche Klangwelten entstehen, [...] bieten objekt- basierte Beschallungssysteme die Möglichkeit, Objekte präzise in ihrer räumlichen Position, einschließlich Höhe und Entfernung, wahrnehmen zu können. Zu den Surroundlautsprechern kommen auch noch Deckenlautsprecher hinzu. Sie helfen Objekte stabil über dem Kopf des Zuhörers anzuordnen.<sup>57</sup> Auch Delay- und Fill Systeme für einzelne Balkone, Ränge oder die ersten Reihen, die nicht ausreichend vom LRC-Hauptsystem erfasst werden, sind üblich.<sup>58</sup>

## 3.5 Lösungen im Schauspiel Stuttgart

Herzstück der Beschallungsinstallation im Schauspiel Stuttgart ist nach der Sanierung 2010-2013 eine *Studer Vista 9* Konsole. Sie dient als Mischpult und Kreuzschiene sowie als System-Controller für alle Beschallungs- und Monitorwege. Eine abgesetzte Core-Einheit übernimmt alle Aufgaben der Audiodatenverarbeitung, während in der Bedienoberfläche alle Parameter eingestellt und gespeichert werden können. Die Bedieneinheit ist mit zwei redundanten Rechnern ausgestattet, wobei der Havarie-Rechner im Normalbetrieb die Darstellung der Metering-Bay übernimmt.

Als Effektgeräte sind ein *Lexicon 480L*, ein *Lexicon PCM96*, ein *Bricasti M7* und ein *TC System 6000* verbaut. Um VST-Plugins einbinden zu können stehen außerdem ein *Waves SoundGrid Extreme Server* sowie ein *MacBook Pro* mit *GigPerformer* zur Verfügung. Als Zuspielrechner kommen zwei *Mac Studios* mit *QLAB* und *Ableton* zum Einsatz, die redundant gesteuert werden und zwischen denen am Mischpult umgeschaltet werden kann.

Ca. 100 Versatzkästen auf und um die Bühne, sowie in Foyers und Büros laufen auf drei mit der Videoabteilung geteilte Serverräume auf, in denen sie jeweils auf Kreuzschienen für NF- (über Ghilmetti), SDI- und LS-Signale weitergepatcht werden. Auch Glasfaser Patchfelder, frei patchbare Amps für mobile Lautsprecher, sowie diverse Studer Frames mit IO Karten und Verbindungen zur Core-Einheit sind dort installiert. Im Serverraum B05 hinter der Live-Regie befindet sich zudem

---

<sup>57</sup> Zuleeg und Hoeg (2023, S. 708)

<sup>58</sup> vgl. Smyrek und Grzesinski (2020, S. 390ff)

### 3. Anforderungen an eine Theater-Beschallungsanlage

die komplette Sennheiser Funk-Infrastruktur aus der 2000er und 5000er Serie, der *Waves Server*, die Processing-Einheiten des *Lexicon 480L* und des *TC 6000*, sowie der *Wave I Prozessor* des *Sonic Emotion Systems*. Auf diesen laufen im Standardbetrieb ein 5.1-Signal des *Vista 9* und ein 9.0-Signal aus dem Ableton-Zuspielsystem auf. Diese werden auf sog. virtuelle Lautsprecher geschickt, die im *Sonic Emotion System* in einiger Entfernung zu den tatsächlichen Lautsprechern um diese herum angeordnet sind und das kanalbasierte Signal objektbasiert wiedergeben. Zusätzlich können weitere Signale für frei positionierbare virtuelle Schallquellen gesendet werden, die ebenfalls auf den Ring aus physischen Lautsprechern um das Publikum verteilt werden. Dieser Vorgang wird in Kapitel 4 näher beleuchtet.

Als Hauptbeschallung am Portal kommt ein *LR7 Line-Array System* von *Alcons* zum Einsatz, das in einer LRC-Konfiguration geflogen wird. Links und rechts werden jeweils acht Elemente *LR7* sowie zwei *LR7B*-Bässe geflogen, die von jeweils einem 2x18' *BF362*-Subwoofer am Boden ergänzt werden. Der Center besteht aus vier Elementen *LR7*. Zusätzlich ist für die seitlichen Plätze in den ersten Reihen noch ein *VR12*-Downfill pro Seite installiert.



Abbildung 6: Main PA rechts aus 8x LR7 und 2xLR7B in Stuttgart  
(Quelle: Eigenes Foto)

Als Hinterbühnenbeschallung können sowohl zwei *d&b Q7* an der Brüstung der ersten Galerie als auch zwei *Kling&Freitag Line 212-6* mit jeweils zwei *Nomos XLS* Subwoofern links und rechts des Hinterbühnentors verwendet werden. Im Zuschauerraum sind sechs *d&b F1220* als Deckenbeschallung, sowie 33 *Sona5* mit 13 *Sona Sub* von *Kling&Freitag* für das *Sonic Emotion System*

#### 4. Surround-Sound im Beschallungskontext

verbaut. Außerdem befinden sich zwei *Nomos XLS* als Effekt-Subwoofer unter der Publikumstrübene.<sup>59</sup>

Im Portalturm und der Portalbrücke sind insgesamt 6 *d&b E8* eingebaut, die für ein schnelles, flächiges Monitoring im Bühnenraum sorgen können. Für weitere Monitoring-Anforderungen gibt es an den meisten Versatzkästen patchbare Lautsprecheranschlüsse für mobile Lautsprecher.

Eine zu beachtende bauliche Maßnahme ist der sogenannte „Eiserne Vorhang“, ein Brandschutzmechanismus, der vor der Bühnenkante abgelassen werden kann und im Notfall den Bühnenraum vom Zuschauerraum trennt. Er ist eine Standardeinrichtung in den meisten Theaterhäusern und wird in Stuttgart nachts aus Brandschutzgründen und vor jeder Vorstellung zur Funktionsprüfung abgelassen. Daher dürfen auch keine Kabelwege über die Bühnenkante von der Bühne in den Zuschauerraum laufen. Ist eine solche Verbindung notwendig, muss sie über Versatzkästen gepatcht werden, deren Leitungen am Eisernen Vorhang vorbeilaufen.

## 4. Surround-Sound im Beschallungskontext

Wie bereits in Kapitel 3.4 erwähnt sind vor allem im Theater unterschiedliche Formen von Surround- und 360°-Beschallungen üblich. Diese unterscheiden sich in Anzahl der Lautsprecher und deren Positionen. Gemein haben sie jedoch, dass sie dafür genutzt werden, die auf der Bühne dargebotenen Inhalte zu erweitern und eine immersive Vorstellung zu schaffen.

Mit den Surround-Kanälen ergeben sich in vielerlei Hinsicht besondere künstlerische Möglichkeiten der Klangdarstellung. Das betrifft nicht nur die räumliche Auffächerung von lokalisierbaren statischen und bewegten Schallquellen außerhalb der stereofonen Abbildungsebene. Oft von größerer Bedeutung sind die erreichbaren Wiedergabequalitäten für verschiedene Attribute des Hörens, bspw. reale räumliche Tiefe, Räumlichkeit, Halligkeit, Raumeindruck und Umhüllung, die vom akustischen Ambiente geprägt sind.<sup>60</sup>

### 4.1 Kanalbasierte Systeme

Mehrkanalaudio kann als Erweiterung oder Weiterentwicklung von Stereo betrachtet werden und ist auf ein vordefiniertes Layout, also auf eine bestimmte Anzahl und Aufstellung von Lautsprechern angewiesen. Gängige Layouts sind zum Beispiel 5.1 Surround, teilweise auch als 7.1 oder 9.1 mit Side-, Wide- und/oder Rear-Lautsprechern. Als dritte Dimension kommen

---

<sup>59</sup> vgl. [https://audioprof.thomann.de/wp-content/uploads/2014/10/thomann-audio-pro\\_referenzkarte\\_theater\\_v2\\_web-1.pdf](https://audioprof.thomann.de/wp-content/uploads/2014/10/thomann-audio-pro_referenzkarte_theater_v2_web-1.pdf)

<sup>60</sup> Theile und Nipkow (2023, S. 314)

Deckenlautsprecher hinzu, gängig ist beispielsweise 7.1.4. Ein weiteres kanalbasiertes Format ist Auro-3D mit drei Layern aus Surround- (auf Ohrhöhe), Height- (30°) und Top-Lautsprechern (90°).<sup>61</sup>

Die Fähigkeit zum Multichannel-Panning ist ein wesentlicher Unterschied zwischen Stereo- und Surround-fähigen Mischpulten. Obwohl Multichannel-Mischpulte typischerweise auf jedem Eingangskanal Panning ermöglichen, werden in der Praxis viele der Eingangskanäle direkt einem einzigen Ausgangskanal zugewiesen und landen letztlich in einem Lautsprecher. Dies kann in Multi-bus-Mischpulten ohne Multichannel-Panning ausgenutzt werden, da sich viele Panning-Anforderungen tatsächlich über eine feste Kanalzuweisung lösen lassen. Ein vorhandenes Stereo-Mischpult kann somit schon oft für eine Surroundbeschallung verwendet werden, solange es über genügend Ausgangs-Busse für das jeweils angestrebte Layout verfügt. Eingangskanäle, die dynamisches Panning zwischen den Ausgangskanälen erfordern, können mit externen Panning-Tools verteilt werden.<sup>62</sup> Solche finden sich heute bspw. in vielen DAWs oder Plug-Ins und können über Direct-Outs vergleichsweise einfach eingebunden werden.

## 4.2 Objektbasierte Systeme

Bei objektbasierten 3D-Audio-Systemen werden Einzelsignale oder Teile der Gesamtmischung einzelnen Audio-Objekten zugewiesen, die innerhalb eines Koordinatensystems verteilt werden können. Ein Vorteil hierbei ist, dass ein spezieller Renderer diese Positionsdaten auf ein flexibles Lautsprecherlayout mit bekannten Lautsprecherpositionen verteilen kann, ohne an ein festes definiertes Ziellayout gebunden zu sein.<sup>63</sup> So können schon mit einem gewöhnlichen Stereo-Setup mithilfe eines objektorientierten Panning-Prozessors brauchbare Ergebnisse erzielt werden. Für eine höhere Auflösung und bessere Abdeckung des Publikumsbereichs mit höherer Laufzeitkontrolle können entlang der Bühnenkante mehrere Lautsprecherpositionen angesteuert werden. Dieses Layout wird oft als „Frontal“ oder „180°“ bezeichnet und erlaubt eine zweidimensionale Positionierung der Quellen zwischen und hinter den Lautsprechern. Unter der Bezeichnung „Surround“ kommt ein Ring aus Lautsprechern um die Publikumsfläche hinzu, mit dessen Hilfe Objekte auch um das Publikum herum positioniert werden können. Abschließend können mit „3D“-Setups auch Deckenlautsprecher eingebunden werden, um Audioobjekte auch in der Elevationsebene positionieren zu können.

---

<sup>61</sup> vgl. Weinzierl (2009, S. 617ff)

<sup>62</sup> vgl. Holman (2008, S.110)

<sup>63</sup> vgl. Buff (2020, S. 13ff)

#### 4. Surround-Sound im Beschallungskontext

Ziel einer objektbezogenen Beschallung ist eine zufriedenstellende und ortsrichtige Schallquelleninformationen für einen möglichst großen Teil des Publikums liefern. So soll ein Sweetspot geschaffen werden, der im Idealfall die gesamte Publikumsfläche umfasst, sodass alle Zuhörer vor Ort unabhängig von ihrem jeweiligen Platz die ortsrichtige oder gewünschte Perspektive wahrnehmen.<sup>64</sup>

Eine komplexe Anforderung an die Systeme ist die Bewegung von Objekten, sofern diese mit Laufzeitunterschieden auf die Lautsprecher geschickt werden. Dies erfordert eine dynamische Anpassung der Delays für jeden Lautsprecher pro Objekt, sowie Mechanismen, um entstehende Artefakte, Verzögerungen oder Doppler-Effekte bei bewegten Objekten zu vermeiden.

### 4.3 Kommerzielle Lösungen

Immer mehr Hersteller bieten aufgrund der oben beschriebenen Vorteile Prozessoren und Software-Lösungen für die Realisierung von Surround-Beschallungen. Die angebotenen Produkte reichen von einfachen Softwaremodulen über spezielle Hardware-Prozessoren bis hin zu Komplettlösungen von Lautsprecherherstellern zur Einbindung in ihre bestehenden Beschallungssysteme und Workflows. Auch eine virtuelle Akustiksimulation in Form von anpassbaren Hallsimulationen ist oft Teil solcher Angebote.

Neben den nachfolgend beispielhaft beschriebenen Systemen sind bspw. mit *Fohhn Gallery*, *Spatial Sound Wave* des *Fraunhofer IDTM*, *L-ISA* von *L-Acoustics*, oder *Vivace* von *Müller-BBM* auch 3D-Beschallungssysteme vieler anderer Hersteller erhältlich.

#### 4.3.1 Sonic Emotion Absolute 3D

Der *Sonic Wave I*-Prozessor der Firma *Sonic Emotion* aus der Schweiz ist das Herzstück des *Sonic Emotion Absolute 3D Systems*. Er wurde bis 2010 mit dem Ziel entwickelt, eine Spatial-Audio-Lösung zu schaffen, bei der ein möglichst großer Sweetspot für alle Zuhörenden erreicht werden kann.<sup>65</sup> 2018 wurde die Firma, die neben professionellen Audio-Systemen auch 3D-Audio-Produkte für Consumer-Anwendungen herstellte, von *Sennheiser* aufgekauft.<sup>66</sup> Danach wurde das Produkt nicht mehr weiterentwickelt und wird auch nicht mehr verkauft und supportet.

Mithilfe des *Sonic Wave I*-Prozessors können bis zu 24 Objekte auf bis zu 64 Lautsprecher verteilt werden, wobei die einzelnen Lautsprechersignale mithilfe eines eigens entwickelten, auf

---

<sup>64</sup> vgl. Zuleeg und Hoeg (2023, S. 708)

<sup>65</sup> vgl. <https://www.land-der-erfinder.ch/tag/sonic-emotion/>

<sup>66</sup> vgl. <https://audioxpress.com/news/sennheiser-acquires-majority-stake-in-vr-ar-audio-software-company-dear-reality>

#### 4. Surround-Sound im Beschallungskontext

Wellenfeldsynthese basierenden Algorithmus berechnet werden. Zur Planung der Lautsprecheranordnung kommt die Software *Wave Designer* zum Einsatz. Gesteuert wird das System über die Software *Wave Performer*, die neben dem Benutzer-Interface auch Informationen über *MaxMSP*, *OSC* oder Mediensteuerungssoftwares verarbeiten kann. Ebenso ist eine dynamische Steuerung der Positionsparameter einzelner Objekte über Live Tracking Systeme möglich.<sup>67</sup> Die Signalanbindung erfolgt über MADI, wobei für jeden Output ein Lautsprecher mit Position im Raum und Typ (Ein-, Mehrwegesystem oder Subwoofer) definiert wird. Für Surround-Anwendungen wird je nach Raumgröße eine Mindestanzahl von 16-24 Lautsprechern empfohlen, um ein geschlossenes Klangbild zu erzeugen. Zusätzlich können konventionelle LRC Hauptbeschallungen, Front Fills (je nach Bühnengröße werden 6-12 Lautsprecher empfohlen) oder Lautsprecherlinien auf (oder geflogen über) der Bühne eingebunden werden.<sup>68</sup>

#### 4.3.2 d&b Soundscape

Das *Soundscape*-System des deutschen Lautsprecherherstellers *d&b Audiotechnik* umfasst mehrere Softwaremodule, die innerhalb des *DS100*-Matrix-Prozessors berechnet werden. Dazu gehören unter anderem das objektorientierte *En-Scene* Modul sowie die Raumakustiksimulation *En-Space*.

Das System kommt heute bereits in vielen Konzertsälen, Theatern und Opernhäusern zum Einsatz, ebenso in Kirchen und Andachtsstätten, Firmenveranstaltungen und Messen. Ziel der Installationen ist, eine möglichst einfache Ortung einzelner Schallquellen und die Darstellung räumlicher Tiefe zu ermöglichen.<sup>69</sup>

Mit *En-Scene* lassen sich bis zu 64 Objekte in einem von vier möglichen Positionierungsbereichen räumlich anordnen. Die Objekte werden dann auf bis zu 64 Lautsprecherpositionen verteilt, wobei jeder Lautsprecherposition je nach Funktion im Beschallungssystem unterschiedliche Betriebsmodi zugewiesen können. So werden für das Hauptsystem, Surround-Lautsprecher oder Delay-Lines alle Delay- und Positionierungs-Parameter berücksichtigt, während für ein Subwoofer-Array bspw. keine Objektpositionierung angewendet wird. Für Lautsprechergruppen mit eingeschränkter Abdeckung wie Out Fills oder Front Fills an der Bühnenkante werden eigene Positionierungsalgorithmen angewendet. Auch monosummierte Ausspielwege ohne

---

<sup>67</sup> vgl. <https://web.archive.org/web/20191022234309/http://www2.sonicemotion.com/professional/sonic-wave-i-product-features/>

<sup>68</sup> vgl. <https://web.archive.org/web/20191022234304/http://www2.sonicemotion.com/professional/how-to-do-your-first-install/>

<sup>69</sup> vgl. <https://www.dbsoundscape.com/global/de/stories/>



#### 4. Surround-Sound im Beschallungskontext

Positionierungs-Delays sind möglich. Welche Algorithmen genau verwendet werden, um die Lokalisation zu ermöglichen ist nicht beschrieben, jedoch werden Delay, Phasenlage, EQ und Pegel für jeden Lautsprecher pro Objekt individuell berechnet.<sup>70</sup>

*En-Space* bietet eine Möglichkeit, in Innen- und Außenräumen eine künstliche Akustik zu schaffen und/oder zu erweitern. Es basiert auf der Faltung von Impulsantworten aus Grenzflächenmessungen in renommierten Konzertsälen, die auf die einzelnen Lautsprecherpositionen angewendet werden. Somit lassen sich die Quellen im virtuellen Raum positionieren und profitieren vom Nachhall aus der Impulsantwort, abhängig von ihrer Positionierung im Raum.<sup>71</sup>

Der Signalaustausch mit der *DS100* kann über eine redundante *Dante*-Schnittstelle oder in der Version *DS100M*<sup>72</sup> über eine redundante Netzwerkschnittstelle für das auf AVB basierende MILAN-Audionetzwerk erfolgen. Als Samplerates werden 48kHz und 96kHz unterstützt, die Roundtrip-Latenz im Prozessor unabhängig vom Audionetzwerk liegt dabei unter 1,4ms (bei 96kHz 1,6ms).<sup>73</sup> Über eine zusätzliche Netzwerk-Schnittstelle können die Steuerdaten auf ein separates Netzwerk geschickt werden, über das mithilfe der Software *R1* sowohl der Prozessor als auch alle im Netzwerk angeschlossenen *d&b* Amps mit eingebautem Controller gesteuert und überwacht werden können. Die Positionierung der Lautsprecher wird in der Software *Array Calc* vorgenommen und nach der Planung in *R1* übernommen.<sup>74</sup>

Zur Steuerung der Positionsdaten können ebenfalls gängige Tracking-Systeme wie *zacktrack* oder *TiMax* eingesetzt werden. Zusätzlich ist die Integration in alle gängigen DAWs durch ein Plug-In, sowie die Fernsteuerung direkt aus den Bedienoberflächen ausgewählter digitaler Mischpultsysteme implementiert. Das Software-Modul *En-Bridge* ermöglicht außerdem eine Schnittstelle via OSC, einem Open Source Standard zur Einbindung von Mediensteuerungssystemen, Show Control-Daten und anderen Drittanbieter-Softwares.<sup>75</sup>

#### 4.3.3 Adamson Fletcher Machine

Auch der kanadische Lautsprecherhersteller *Adamson* bietet seit 2022 mit der *Fletcher Machine* einen 3D-Audioprozessor in unterschiedlichen Versionen an. Während die kompaktere *Traveler*-Version jeweils bis zu 64 Ein- und Ausgänge bereitstellt, können in der *Stage*-Version im 19'-Format bis zu 128 Lautsprecher individuell angesteuert werden. Der Signalaustausch kann dabei

---

<sup>70</sup> vgl. <https://www.dbsoundscape.com/global/de/systemprofil/en-scene/>

<sup>71</sup> vgl. <https://www.dbsoundscape.com/global/de/systemprofil/en-space/>

<sup>72</sup> vgl. <https://www.dbsoundscape.com/global/de/systemprofil/ds100m-signal-engine/>

<sup>73</sup> vgl. <https://www.dbaudio.com/global/de/produkte/processing-und-matrix/ds100/>

<sup>74</sup> vgl. <https://www.dbsoundscape.com/global/de/systemprofil/ds100/>

<sup>75</sup> vgl. <https://www.dbsoundscape.com/global/de/workflow/interoperabilitaet/>

#### 4. Surround-Sound im Beschallungskontext

über *Dante*, AVB oder MADi bei Samplerates bis 96kHz und einer festen Latenz von 1,33ms erfolgen.<sup>76</sup> Alle Versionen werden über eine Netzwerkanbindung von der für Mac und PC erhältlichen Software *Fletcher Remote* gesteuert. Auch die Steuerung über ein VST-Plug-In, gängige Tracking-Systeme, OSC, MIDI oder die Nutzeroberfläche unterstützter Mischpulte ist möglich. Die Lautsprecherpositionen können entweder manuell angelegt oder aus der Systemplanungssoftware *Blueprint AV* importiert werden.

Die einzelnen Lautsprecher können dann mehreren Layern zugewiesen werden, auf die die Objekte jeweils individuell gemischt werden können. So können Front Fill- oder Delay-Line Anwendungen schnell und gezielt umgesetzt werden. Zur Positionierung der Objekte werden Amplituden- und Laufzeitalgorithmen verwendet, wobei für die Delay-Zeiten unterschiedliche Modi zur Verfügung stehen: Mit *Full Delay* wird bei der Delay-Berechnung der gesamte Abstand eines Objekts zu den jeweiligen Lautsprechern berücksichtigt, während bei *Minimum Delay* die Laufzeit zwischen Objekt und erstem erreichten Lautsprecher abgezogen wird. Eine Positionierung mit reinem Amplituden-Panning ist ebenfalls möglich.<sup>77</sup>

Als Reverb können ein Effektprozessor mit einstellbaren Parametern oder ein Faltungshall mit diversen Impulsantworten genutzt werden. Pro Objekt stehen außerdem ein parametrischer EQ, ein Kompressor und Delay zur Verfügung, ebenso können alle Lautsprecher individuell entzerrt, verzögert und in der Phase gedreht werden.

Die *Virtual Fletcher Machine* ist eine Software-Anwendung, die die Funktionalität der Hardware-Geräte für Mac und PC in einer Standalone-Version zur Verfügung stellt. Diese verfügt jedoch über eingeschränkte Funktionen. So können maximal 24 Inputs auf 12 Lautsprecherpositionen verteilt werden, die Latenz ist mit 12ms deutlich höher und es sind maximal zwei Lautsprecher-Layer möglich. Auch steht kein Faltungshall und „Frontal“-oder „3D“-Modus zur Verfügung. Die *Virtual Fletcher Machine* wird ebenfalls über die *Fletcher Remote*-Software gesteuert, die Anwendung selbst weist lediglich die gleiche GUI wie die 19'-Version auf. So können Shows auch geräteübergreifend und ohne Hardware-Prozessor vorprogrammiert und vorgehört werden. Hierfür steht außerdem ein Binaural-Modus mit Headtracking zur Verfügung, mit dem die Mischung auch ohne Lautsprecher vorgehört werden kann.<sup>78</sup>

---

<sup>76</sup> vgl. <https://bespline.com/#products>

<sup>77</sup> vgl. <https://av.technology/industry/adamson-fletcher-machine-v2-debuts>

<sup>78</sup> vgl. <https://adamson.ai/support/downloads-directory/adamson-fletcher-machine/944-fletcher-machine-brochure-2024/file>

## 5. Vorbereitung eines Gastspiels

Die Produktion „Forecast:Ödipus“ war für vorerst zwei Gastspiele auf Festivals vorgesehen: Am „Theater und Orchester Heidelberg“ im Rahmen des Heidelberger Stückemarkts, sowie im „Stadttheater Mülheim an der Ruhr“ bei den Mülheimer Theatertagen. Dementsprechend musste die technische Umsetzung für zwei unterschiedliche Spielstätten geplant werden, deren genaue Möglichkeiten und Anforderungen zu Beginn der Planung, trotz technischer Vorreisen noch nicht vollständig klar waren. In diesem Kapitel wird die konkrete Vorbereitung ausgehend von den Anforderungen des Stücks und den damals vorhandenen Informationen über die Gastspielorte dargestellt.

### 5.1 Handlung und Inhalt

“Forecast:Ödipus – Living on a Damaged Planet (ΤΥΦΛΩΣΙΣ, II)” ist ein ca. 115 Minuten langes Theaterstück von Thomas Köck und beschreibt eine dystopische Welt am Ende der Klimakrise. Das Auftragswerk, das speziell für das Schauspiel Stuttgart geschrieben wurde, spielt in Theben. Handlungspersonen sind unter anderem der blinde Seher Teiresias und das Orakel Pythia, König Ödipus und Königin Iokaste, sowie ein greiser Chor, gespielt von drei Schauspieler\*innen. Grundlage ist die antike Ödipus-Tragödie, die jedoch stark an die Moderne angepasst wurde. So ist beispielsweise die Seuche, die Theben heimsucht<sup>79</sup> „das System“. Theben selbst wird als eine von achtspurigen Autobahnen durchzogene Stadt beschrieben und die elektronische, Sample- und Drum-Machine-lastige Musik begleitet den Gesang und Rap des Chors der „wohlstandswutschnaubenden Greise“. Auch eine KI, deren generiertes Gesicht per Videozuspielung auf verschiedene Leinwände und das Bühnenbild projiziert wird, ist Teil der Inszenierung.<sup>80</sup> Das Bühnenbild besteht aus einer in begehbare Spiegelpodeste eingerahmten Szenenfläche, von der aus zwei Treppen nach hinten auf ein zweistöckiges (im Gastspielentwurf auf ein Stockwerk verkleinertes) Metallgerüst führen. Auf diesem befinden sich die Plätze der beiden Musiker\*innen mit Instrumenten. Es wird auch als Spielfläche für szenische Vorgänge genutzt. Vor dem Gerüst, zentral zwischen den beiden Treppen befindet sich der vertikal verfahrbare Kopf der „Medusa“, der sich im Verlauf des Stückes szenisch nach oben bewegt. Das gesamte Bühnenbild wird seitlich und hinten von einem Rundhorizont aus Stoff eingerahmt, der aufgrund der Hinterbühnenbeschallung akustisch transparent gestaltet ist.

---

<sup>79</sup> vgl. <https://www.br.de/radio/bayern2/sendungen/radiowissen/deutsch-und-literatur/oedipus-das-thema100.html>

<sup>80</sup> vgl. <https://www.schauspiel-stuttgart.de/spielplan/archiv/f/forecast-oedipus/>



Abbildung 7: Bühnenbild in Stuttgart

(Quelle: <https://www.schauspiel-stuttgart.de/spielplan/archiv/f/forecast-oedipus/>; Letzter Zugriff 11.08.2024, 17:30 Uhr)

## 5.2 Technische Anforderungen

Alle Stücke im Repertoire des Schauspiel Stuttgart sind tontechnisch in einem Grundeinrichtungsplan dokumentiert<sup>81</sup>. Hier wird beschrieben, welche Funkstrecken, Mikrofone, Instrumente und Lautsprecher verwendet werden, wo diese zu positionieren sind und welche Einstellungen an den Geräten getroffen werden müssen. Er diene als Grundlage für die zu definierenden Gastspielanforderungen, in denen die Mindestanforderungen an Beschallungssysteme, der Platzbedarf für den FOH, sowie die mitgebrachten und vor Ort benötigten technischen Komponenten aufgelistet wurden.<sup>82</sup>

Outputseitig musste ein Beschallungslayout konzipiert werden, das den tontechnischen Anforderungen des Stücks gerecht wurde und von den Spielstätten lokal gestellt werden konnte. Aufgrund der wenigen Zeit vor Ort, sowie des zu wenigen mobilem Materials im Lagerbestand war klar, dass man auf Beschallung an den geplanten Spielstätten angewiesen war und höchstens ergänzendes Material mitbringen können würde. So wurde eine Anforderung erstellt, die eine Lösung mit LCR-Hauptbeschallung mit separat ansteuerbaren Bässen und Front- oder Down-Fills, eine Hinterbühnen Beschallung mit optional separaten Bässen, sowie zwei Rear- und eine variable Anzahl an Side-Lautsprechern enthielt. Optional sollten je nach räumlichen Möglichkeiten mindestens zwei Deckenlautsprecher, zusätzliche Effekt-Subwoofer und evtl. vorhandene Delay-Lines angesteuert werden können. Für das Monitoring auf der Bühne waren für die beiden Musiker\*innen zwei

---

<sup>81</sup> Siehe Anhang 1, S. IX

<sup>82</sup> Siehe Anhang 2, S. IX

*d&b MAX*-Lautsprecher vorgesehen, die für die Zeit der Gastspiele mobil verfügbar waren und deshalb mitgenommen wurden, um den Musiker\*innen ein konstantes und gewohntes Monitoring bieten zu können. Für die Schauspieler\*innen wurden sowohl an der Bühnenkante als auch im Portalturm links und rechts sowie in der Portalbrücke Monitorwege mit lokal gestellten Lautsprechern angefordert. Zuletzt sollte auch ein Mithörsignal für den Inspizienten bereitgestellt werden können.

Inputseitig mussten mindestens 16 Kanäle lokal per Funk verfügbar sein, davon 11 Mikroport-Taschensender für die Schauspieler\*innen, drei Handsender für den „Chor der Greisen“, sowie ein Havarie-Taschensender und -Handsender, wobei letzterer auch für Ansagen und Moderationen eingesetzt werden konnte. Optional wäre auch eine Funk-Möglichkeit für die beiden Musiker\*innen-Gesangsmikrofone, sowie die Soufflage möglich gewesen. Hinzu kamen neun Instrumenten-Inputs der beiden Musiker\*innen sowie deren Gesangsmikrofone, Zuspelungen, Videoton mit Main- und Havarie-Kanal, Effektwege und Mithörmikrofone sowie die oben erwähnte Soufflage, die in einem wichtigen Text-Cue vorgesehen war und aufgrund der teilweise hohen Bühnenlautstärke die Möglichkeit einer Verstärkung benötigte. Die Instrumentensignale der beiden Musiker\*innen wurden mithilfe von Sub-Cores von den jeweiligen Plätzen rechts und links auf dem Podest gesammelt nach unten geführt. Auf Bühnenbodenniveau wurden sie in Stuttgart auf hausinterne Versatzkästen gesteckt, für die mobile Version sollten sie stattdessen direkt auf die Stagebox geführt werden, die entweder mittig hinter dem Bühnenbild oder SL in der Gasse stehen sollte. Durch die Verwendung von handelsüblichen Cat5-Kabeln als analoges Multicore konnten diese zur jeweils benötigten Position beliebig verlängert werden.

## 5.3 Verwendete Hardware und Software

### 5.3.1 Mischpult

Für die Verwendung von Mischpulten bei Gastspielen und Tourneeproduktionen gibt es mehrere Ansätze. Für welchen sich letztendlich entschieden wird ist von der Komplexität der Produktion, der Zeit vor Ort, dem Budget sowie der verfügbaren Ladefläche abhängig.

Eine erste Option wäre, die Show auf einem vor Ort vorhandenen Mischpult vollständig neu einzurichten. Dies erfordert sowohl gute Kenntnis des neuen Mischpults sowie der Show, die zusätzlich ein gewisses Maß an Inputs, Outputs und zu programmierenden Szenen nicht überschreiten sollte. Außerdem muss ausreichend Zeit vor Ort eingeplant werden.

Verwendet man ein weit verbreitetes Mischpultsystem, wie bspw. ein Pult der Yamaha CL- oder QL-Serie, kann die Show auf einem Pult vorprogrammiert und das fertige Showfile auf einem

## 5. Vorbereitung eines Gastspiels

Wechseldatenträger mitgeführt werden. Somit kann der Transport eines Pults, das möglicherweise in gleicher Konfiguration schon am Veranstaltungsort vorhanden ist, eingespart werden.

Bei Bedarf kann eine Show auch für mehrere Pultsysteme vorprogrammiert werden. Hierfür bieten manche Pulthersteller wie beispielsweise Digico auch Programme an, um ein Showfile zwischen ihren unterschiedlichen Pulten konvertieren zu können.<sup>83</sup> So wird einerseits eine höhere Flexibilität bei der Bereitstellung eines lokalen Pults erreicht, der Aufwand der mehrfachen Programmierung ist jedoch deutlich höher und nur bei einer höheren Anzahl an Shows an unterschiedlichen Orten sinnvoll.

Bei einer komplexen Produktion ist es üblich, ein fertig programmiertes Pult mitzubringen. Dies hat mehrere Vorteile: Zunächst ist bei modularen Mischpultsystemen mit verschiedenen Einschubkarten die genaue Konfiguration bekannt, die im Voraus idealerweise ausgiebig getestet werden kann. Des Weiteren kann ein „gewohntes Arbeitsumfeld“ mitgebracht werden, das in der Vorbereitung mit Hardware-Beschriftungen, bspw. für *User-defined Buttons* versehen werden kann. Auch ist eine permanente Vorverkabelung häufiger Steckverbindungen möglich.

Da das *Studer Vista 9*, auf dem die Show programmiert ist, fest im Schauspielhaus installiert ist und auch aufgrund der laufenden, parallel zum Gastspiel stattfindenden Vorstellungen auch nicht hätte ausgebaut werden können, musste auf ein mobiles Pultsystem zurückgegriffen werden. Die einfachste Lösung wäre, ein zweites, mobiles *Studer Vista 9* Pult zu besitzen, das im Falle eines Pultausfalls in der Installation als Havariegerät, sowie als Gastspielpult zum Einsatz kommen kann. Dies ist beispielsweise in der technischen Ausstattung des Kammertheaters der Staatstheater Stuttgart mit dem dort verbauten *Yamaha DM2000* so vorgesehen, ist jedoch bei einem Pultsystem in Größenordnung eines *Studer Vista Systems* eine Budgetfrage und wurde im Schauspielhaus daher nicht umgesetzt.

Stattdessen gibt es im Equipment-Pool der Ton-Video Abteilung mehrere mobile Mischpulte, die für unterschiedliche Einsatzzwecke ausgelegt sind. Kleine Pulte wie das *Yamaha 01V96*, zwei Pulte der *Allen&Heath CQ-Serie* oder das *Soundcraft UI24R* sind für kleinere Sonderveranstaltungen und kurzzeitige Installationen im und um das Schauspielhaus vorgesehen. Auch die zwei Pulte der *Allen&Heath SQ* Plattform, die für kleinere Gastspiele und größere Sonderveranstaltungen verwendet werden, kamen für diese Produktion aufgrund der lediglich 48 Processing-Kanäle nicht in Frage. Daher wurde das größte mobile Mischpultsystem im Bestand gewählt, das *Soundcraft Vi400* (ursprünglich ein *Vi4*, das durch ein Hardware-Update unter anderem schnelleres

---

<sup>83</sup> vgl. <https://www.prosoundweb.com/digico-launches-sd-convert-session-file-transfer-software/>

## 5. Vorbereitung eines Gastspiels

Processing und Remote-Funktionen bekommen hat<sup>84</sup>). Das Mischpult besteht aus einem *D21m* Local Rack, in dem DSP- und IO-Karten verbaut sind, sowie einem Control Surface, das Fader und *Vistonic-Controls*, Displays, sowie den Computer mit Grafikeinheit und Szenenspeicher enthält. In der zur Planung aktuellen Konfiguration waren zwei DSP-Karten verbaut, was in 64 Inputkanälen sowie 35 Output-Bussen resultierte. Zusätzlich zu den DSP-Karten sind sogenannte IO-Karten vorgesehen, die Inputs und Outputs in diversen Audioformaten zur Verfügung stellen. Fest verbaut sind meist diverse analoge Line In und Line Out Module, sowie jeweils 16 AES-In- und Outputs, die physisch am Local Rack zu stecken sind. Die letzten beiden Slots sind jeweils für 64x64 Einschub-Audiokarten vorgesehen, in der Ursprungskonfiguration waren dies eine MADI- und eine *RockNet*-Karte.



Abbildung 8: Local Rack der Vi400 (Quelle: Eigenes Foto)

Außerdem verfügbar war eine *Soundcraft Mini Stagebox 32* mit 32 analogen Mic/Line Eingängen und 12 analogen Ausgängen, mit der alle Inputs auf der Bühne abgedeckt werden konnten. Diese konnte aufgrund des RJ45-Ethercon Anschlusses nur in Kombination mit einem MADI-Formatkonverter an die MADI-Karte des Pultes angeschlossen werden, da letztere nur über SC-Glasfaser Anschlüsse verfügt. Hierfür wurde ein *ml:mio* Konverter von *Sonible* eingesetzt. Da hiervon nur ein Exemplar verfügbar war, konnte keine redundante Verkabelung der Stagebox verwendet werden. Dennoch war man flexibel in Bezug auf die lange Leitung zwischen Pult und Stagebox, da durch die flexible Positionierung des Konverters sowohl Glasfaser als auch CAT verwendet werden konnte.

---

<sup>84</sup> vgl. <https://www.soundcraft.com/en/products/vi400-600-upgrade>

### 5.3.2 Zuspielungen

Für die im Stück eingesetzten Zuspielder aus *Ableton Live* musste zunächst abgewogen werden, wie viele Ausspielwege tatsächlich nötig waren. Die Limitierung bestand sowohl in der Anzahl an pultinternen Processing-Kanälen als auch in den verfügbaren Inputmöglichkeiten. Die MADI-Karte war durch die MADI-Compact-Stagebox komplett belegt. Da zum damaligen Zeitpunkt noch nicht feststand, dass eine *Dante*-Karte als Ersatz für die *RockNet*-Karte zur Verfügung würde, die eine digitale Netzwerkeinbindung möglich gemacht hätte, wurde entschieden 12 der analogen Inputs am Local Rack zu benutzen. Diese wurden über ein *PlayAudio12* der Firma *iConnectivity* bespielt, an dem wiederum zwei *MacBook Pros* abgeschlossen waren. Dieser Aufbau hat mehrere Vorteile: Das *PlayAudio12* besitzt eine Redundanzfunktion, mit dem zwei Rechner an ein Interface angeschlossen werden können. So können die zwölf analogen Outputs entweder auf unterschiedliche Rechner verteilt werden, oder es kann am Gerät zwischen den beiden Rechnern umgeschaltet werden, während beide die zwölf Kanäle bespielen. Im Falle eines Rechnerausfalls kann so per Knopfdruck am Interface vom A-Zuspielrechner auf den B-Zuspielrechner umgeschaltet werden. Dies ist unter anderem deshalb praktisch, da die *Soundcraft Vi400* zwar eine A/B Inputumschaltung hat, dies aber für die Gruppe an Inputkanälen nicht über den VCA-Master umschaltbar ist. Im Havariefall hätte jeder Kanal einzeln händisch auf Input B umgeschaltet werden müssen. Es konnten so also effektiv 12 analoge Inputs gespart, sowie ein schnelles und unkompliziertes Umschalten der Zuspielder gewährleistet werden.

Für die Steuerung der Rechner wurde auf den aus der Installation bekannten und bewährten *Q-Widget* zurückgegriffen, um beide Rechner simultan steuern zu können, damit im Havariefall beide an der gleichen Stelle spielen.

In der Abwägung, welche der ursprünglich 16 Zuspieldkanäle aus *Ableton* verwendet bzw. gestrichen werden sollten entschied man sich für folgende finale Outputs:

Output-Signal	Format
Bühne hinten	Stereo
Portal	Stereo
Surround-Weg	Stereo
Decke	Stereo
FX-Subs	Mono
Monitoring	Mono
Hall-Weg	Stereo

Tabelle 1: Ausspielwege aus *Ableton Live 11*



### 5.3.3 Plug-In Server

Auch die im Schauspielhaus verbauten Outboard-Effekte konnten nicht für das Gastspiel eingeplant werden, da sie parallel für den laufenden Spielbetrieb benötigt wurden. Dementsprechend mussten ein Large Warm Surround Reverb und ein Slapback-Delay aus dem *TC6000*, ein Ambience Hall aus dem *Lexicon PCM96*, sowie ein Medium Hall und ein Twin Delay aus dem *Lexicon 480L* kopiert werden. Das Slapback-Delay sowie der Ambience Hall ließen sich mit den pultinternen Lexicon-Effekten umsetzen. Auch ein De-Esser, der standardmäßig über den Waves-Server eingebunden ist, konnte durch die zweite Dynamikeinheit des *Vi400* ersetzt werden. Auf einen Multibandkompressor, der ebenfalls im Default-Setup eingesetzt wird, wurde verzichtet.

Für die Emulation des *TC6000* und des *Lexicon 480L* wurde ein *GigPerformer* Plug-In-Server der Firma *Deskew* eingesetzt. Dieser wurde gewählt, da er sich kurze Zeit vorher als Alternative zum festverbauten und hardwaregebundenen *Waves Extreme Server* im Schauspielhaus etabliert hatte und kurzfristig noch Lizenzen verfügbar waren. Hier konnten die ebenfalls verfügbaren Plug-Ins *LX480* der Firma *Relab Development* sowie *Seventh Heaven Professional* der Firma *Liquid Sonics* (eine Emulation des *Bricasti M7* mit Support für Spatial Audio bis 9.1.6<sup>85</sup>) die Hardware-Effekte des *Lexicon 480L* sowie den Surround Reverb des *TC6000* ersetzen. Als Interface wurde ein *Digiface Dante* der Firma *RME* gewählt, da es außer der 64x64 *Dante*-Schnittstelle ebenfalls über 64x64 MAD1 auf BNC verfügt, eine hohe und bewährte Ausfallsicherheit besitzt und niedrige Latenzen möglich machte.

Als Startpunkt konnten für die beiden Instanzen des *LX480* die Parameter aus dem Original Hardware-Gerät auf Basis der Factory-Presets nachgebaut werden, was nach einem Gain-Matching dem Originalklang des *480L* sehr nah kam.

### 5.3.4 Surround Sound Prozessor

Für die Ansteuerung der Surround-Beschallung gab es mehrere Optionen. Verteilt werden mussten ein Stereosignal aus dem Zuspieldreher, die Side-, Rear- und Deckenkanäle (jeweils Stereo) des Surround Reverb Returns, sowie die Returns des *LX480* Reverbs und Delays, wobei letztere eher im vorderen Bereich des Saals verortet werden sollten. Die Rear und Deckenkanäle des Surround Reverbs konnten jeweils direkt auf die Lautsprecher geroutet werden, somit blieb nur die Verteilung auf der Side-Signale zu lösen.

Da der zu beschallende Inhalt rein kanalbasiert war, also keine Einzelobjekte um das Publikum herum benötigt wurden, hätten die zu verteilenden Side-Kanäle in der einfachsten Form auf jedes

---

<sup>85</sup> vgl. <https://www.liquidsonics.com/software/seventh-heaven-professional/>

Seitenlautsprecherpaar mit individuellem Pegel gemischt werden können. So wären jedoch vor allem in den Übergangsbereichen, in denen sich die Laufzeitdifferenz zwischen zwei Lautsprechern an einer Hörposition leicht unterscheidet und die Lautsprecher in ähnlicher Lautstärke wahrgenommen werden Kammfiltereffekte zu hören.<sup>86</sup> Auch wäre die Ortung für unterschiedliche Hörpositionen im Zuschauerbereich auf den jeweils nächsten Lautsprecher gerichtet, was zu vielen unterschiedlichen Höreindrücken führen würde. Für Hörpositionen im Zentrum der umgebenden Lautsprecher könnte bei gleichzeitiger Ankunft der Lautsprechersignale auch das spektrale „Auseinanderfallen“ eines Signals durch die Ortung unterschiedlicher Frequenzbereiche aus unterschiedlichen Richtungen eintreten.<sup>87</sup>

Um diese Effekte zu vermeiden können geeignete Signalverteilungsmatrizen oder Prozessoren genutzt werden, die die Signale für die einzelnen Lautsprecher durch geeignete Verzögerungen, Phasen- und Frequenzverschiebungen, Randomisierung, den Einsatz von Hall oder andere Maßnahmen gezielt dekorrelieren.<sup>88</sup> Gerade durch die Nutzung von weitgehend unkorreliertem Hall entsteht eine auditive Verbindung zwischen den Lautsprechern, die diesen wiedergibt, die bei zwei Lautsprechern als „Wolke“ zwischen den Lautsprechern und bei mehreren Surround-Lautsprechern als räumliche Umhüllung wahrgenommen wird. Dabei ist die Abbildung stabil, es ist jedoch keine dedizierte Richtungsordnung möglich.<sup>89</sup>

Eine Reihe von Prozessoren, die diese Funktionen erfüllen, wurden bereits in Kapitel 4.3 beschrieben. Aus diesen sollte eine Auswahl für das Gastspiel getroffen werden.

Fest stand, dass das in der Festinstallation verwendete *Sonic Emotion* System nicht zur Verfügung stehen würde, da es nur einmal im Schauspielhaus verbaut ist, auch sonst nicht mehr hergestellt wird und bei Verleihern nicht im Miet-Pool zu finden sein würde. Durch die aktuellen Entwicklungen am Markt gab es jedoch einige Alternativen, da viele Lautsprecherhersteller gerade immersive Systeme mit zugehörigen Prozessoren entwickeln, unter anderem die oben bereits beschriebenen. Von ebenjenen fiel besonders die *Fletcher Machine* des kanadischen Herstellers *Adamson* ins Auge, da sie in keiner Weise hardwaregebunden ist, weder in Bezug auf die angeschlossenen Lautsprecher noch (bzw. eingeschränkt<sup>90</sup>) in Bezug auf den ausführenden Rechner. Durch das Angebot der *Virtual Fletcher Machine*, einer kostenlosen Mac und PC Standalone-Anwendung mit

---

<sup>86</sup> vgl. Friesecke (2014, S. 30)

<sup>87</sup> vgl. Holman (2008, S. 111)

<sup>88</sup> vgl. Theile und Nipkow (2023, S. 301)

<sup>89</sup> vgl. Theile und Nipkow (2023, S. 315)

<sup>90</sup> Alle Versionen der *Fletcher Machine* außer der *Virtual Fletcher Machine* sind an einen Hardware-Prozessor gebunden, entweder im kompakten „Traveller“-Format oder als 19-Zoll Version

eingeschränkten, für die Anforderungen des Stückes jedoch ausreichendem, IO- und Routing-Möglichkeiten, war eine Lösung ohne die Anschaffung neuen Materials möglich.

In der Software selbst können die echten räumlichen Koordinaten der vorhandenen Lautsprecher angegeben werden, um die herum dann Klangobjekte positioniert werden können. Die Lautsprecher können in mehrere Layer aufgeteilt werden, auf die die Objekte jeweils anteilig verteilt werden können. Dies kommt ursprünglich aus der Motivation, Signale sowohl auf das Haupt- als auch auf kleinere Füllsysteme anteilig schicken zu können.<sup>91</sup> In dieser speziellen Anwendung wurde es jedoch genutzt, um die Lautsprecher für die ursprünglich nicht vorgesehene Verwendung von Stereoquellen in links und rechts aufzuteilen. Somit war die genutzte Beschallungsform ähnlich wie in Stuttgart eine Hybridlösung aus kanalbasiertem Surround-Audio, das durch objektbasiertes Rendering auf mehrere Lautsprecher verteilt wurde.

### 5.4 Annäherung an das Ursprungslayout

Nachdem die Anforderungen des Stückes an Inputs, Effekt-, Monitor- und Beschallungswegen definiert waren, musste eine IO-Liste angelegt werden, in der festgelegt ist, wo welches Signal ein- und ausgegeben wird. Die größte Herausforderung war hierbei genügend analoge Outputs für die Beschallungswege lokal flexibel zur Verfügung stellen zu können, sowie die signaltechnische Einbindung des Plug-In Servers und der *Fletcher Machine*.

Um Synchronisationsprobleme mit den hausinternen Beschallungsanlagen und deren Systemarchitektur zu vermeiden, war das Ziel, alle Beschallungs- und Monitoring-Outputs analog ausgegeben zu können. Da zu Beginn der Planungen noch nicht feststand, wo die Übergabe der einzelnen Signale stattfinden würde, sollte die Planung lokal flexibel sein. Da über die *Mini-Stagebox 32* maximal 12 und am Local Rack maximal 16 Wege ausgegeben werden konnten, wurde entschieden, die verbaute *RockNet*-Karte mit den im mobilen Bestand verfügbaren Output-Modulen zu verwenden, um zusätzliche analoge Outputs durch die Ringstruktur von *RockNet* an verschiedenen Positionen zur Verfügung stellen zu können.

Der Plug-In Server musste mit 4 Inputs beschickt werden (zweimal Mono-Send für den *LX480* und einmal Stereo-Send für den *Seventh Heaven*) und lieferte 12 Return Kanäle, zwei Stereo>Returns des *LX480* sowie einen 7.0.2-Return des *Seventh Heaven* Surround-Halls, von dem der Center-Kanal jedoch ungenutzt blieb, da auf den Center-Lautsprecher eine Monosumme des LR-Signals matriziert werden würde. Die „Surround“-Zuspielkanäle, die Returns des *LX480* sowie die Seitenkanäle des *Seventh Heaven* wurden dann per Direct-Out auf die *Fletcher Machine* geschickt. Da

---

<sup>91</sup> vgl. <https://bespline.com/>

## 5. Vorbereitung eines Gastspiels

im ersten Entwurf sowohl Plug-In Server als auch *Fletcher Machine* auf einem Rechner liefen, konnte die Direct-Out Lösung für die Returns durch ein internes Loopback im genutzten *Digiface Dante*-Interface ersetzt werden, um Pult-Outputs zu sparen und die Latenz zu verringern. Somit kam die *Fletcher Machine* auf 8 Inputs und mindestens 8 Outputs, da für die beiden Gastspiele unterschiedlich viele einzeln ansteuerbare Side-Surround Lautsprecher zur Verfügung standen. Die Rear-Kanäle der *Fletcher Machine* wurden letztlich mit den Rear-Kanälen des *Seventh Heaven* ebenfalls im RME-Interface gemischt und über einen Stereo-Weg an das Mischpult zurückgegeben.

Somit mussten an den Rechner mit Plug-In Server und *Fletcher Machine* insgesamt sechs Kanäle geschickt und 16 Kanäle empfangen werden. Um diese Wege digital zu halten und unnötige DA- und AD-Wandlungen und Signalqualitätsverluste zu vermeiden sollten im ersten Schritt die AES-Schnittstellen am Local-Rack verwendet werden. Da jedoch kein Interface mit genügend AES-Ports verfügbar war, musste ein Konverter von AES auf MADI der Firma *DirectOut* eingesetzt werden. Die MADI Ein- und Ausgänge des Konverters gingen dann auf die des *Digiface Dante*. Beim Testen dieser Lösung fiel allerdings auf, dass der Konverter ein Problem mit Signalen hatte, die aus einem Direct Out eines Kanals gespeist wurden. Es trat ein periodisches Störsignal auf, das ungefähr einmal in der Sekunde ein hochfrequentes Klicken und Rauschen verursachte. Bei Bus-Mastern trat der Fehler nicht auf, ebenso wenig, wenn das gleiche Direct Out Signal über den gleichen AES Output auf ein anderes, AES-fähiges Gerät geschickt wurde. In einem Telefonat mit dem *Soundcraft*-Support kam die Vermutung auf, dies könne darin begründet sein, dass in digitalen Direct Out Signalen in den User Bits des AES-Signals Steuerinformationen des Vorverstärkers enthalten seien. Diese sollten zwar eigentlich vom Konverter ignoriert werden, es bestand aber die Vermutung, dass diese Bits trotzdem ausgelesen würden, da die Firma *Direct Out* auch Geräte herstellte, die ebenjene Steuerdaten interpretieren und verarbeiten konnten. Auch konnte ein Hardwarefehler am Konverter selbst oder eine falsche Bedienung nicht ausgeschlossen werden.

Da das Problem jedoch im vorgegebenen Zeitrahmen nicht zu lösen war, musste eine Alternativlösung gefunden werden, Plug-In Server und *Fletcher Machine* einzubinden. Da diese Entscheidung zu einem Zeitpunkt getroffen werden musste, an dem schon mehr Klarheit über die individuellen Lösungen vor Ort bestand, konnte abgewogen werden, ob, wo und wie viele analoge Outputs für die beiden Gastspiele benötigt wurden. In Heidelberg würde eine rein digitale Anbindung nötig sein, während für Mülheim eine Lösung gefunden werden konnte, die mit den analogen Outputs des Local Racks und der Stagebox auskam. Somit konnte die *RockNet*-Karte durch eine *Dante*-Karte ersetzt werden, die kurzfristig von der HdM-Stuttgart bereitgestellt werden konnte. Statt der MADI Ein- und Ausgänge konnten nun die *Dante*-Schnittstellen des *Digiface Dante* verwendet werden. Ein weiterer Vorteil dieser Lösung war die nun mögliche Aufteilung von Plug-In

Server und *Fletcher Machine* auf verschiedene Rechner mit zusätzlicher Verwendung einer *DVS*, da die In- und Outputs jeweils direkt im *Dante Controller* an die jeweilige Destination geroutet werden konnten.

### 5.5 Mischpult-Migration

Das *Soundcraft Vi400* besitzt mit zwei verbauten DSP-Karten 64 Inputs und 35 Output-Busse, davon drei in Form des LRC Masterbusses, die restlichen 32 Busse sind umschaltbar zwischen Aux-Weg, Gruppenmaster und Matrix. Alle Busse (außer der LR-Master) sind grundsätzlich Monobusse, können aber mit benachbarten Bussen<sup>92</sup> zu Stereobussen zusammengeschaltet werden. Dadurch verringert sich jedoch die insgesamt Bus-Anzahl entsprechend. Ein Routen von Bussen in andere Busse ist nicht möglich, außer der Ziel-Bus ist eine Matrix oder einer der LRC-Master-Busse. So kann bspw. der LR-Master-Bus oder eine Gruppe auf verschiedene Matrizen verteilt werden, eine Gruppe jedoch nicht in eine andere Gruppe geroutet oder auf einen Aux-Weg geschickt werden.<sup>93</sup>

In der Grundeinrichtung des Pultes sollte es möglich sein, wie in der Stuttgarter Installation alle Beschallungswege direkt über das Pult anzusteuern. Somit übernahm das Mischpult zusätzlich die Aufgabe des Systemcontrollers.

Alle Monitoring- und Effekt-Wege sollten über individuelle Aux-Wege ansteuerbar sein. Ebenso sollten alle Füll-Systeme wie Front Fills, Down Fills oder Delay-Lines sowie die Bässe und Topteile der Hauptbeschallung getrennt geregelt werden können. Da die Instrumentensignale sowie die Zuspierungen szenenabhängig sowohl auf die Hinterbühnenbeschallung als auch auf die Portalbeschallung geroutet werden sollten, musste die Hauptbeschallung auf die Hinterbühne verzögert werden, um zeitgleich im Zuschauerraum anzukommen. Dies hätte jedoch zur Folge, dass die Mikroportsignale, die ebenfalls über die Portalbeschallung wiedergegeben werden sollten, auch in dieser Verzögerung mit inbegriffen wären und somit nicht mehr zeitgleich zum akustisch Gesprochenen zu hören wären. Daher wurde eine Gruppe (*Portal Delay*) zwischengeschaltet, die auf die Hinterbühnen-Beschallung verzögert und sodann auf den LR-Master-Bus geschickt wurde.

Der LR-Master-Bus selbst wurde dann auf diverse Matrizen für die einzelnen Portalbeschallungssysteme verteilt. Für den Center-Lautsprecher wurde ebenfalls eine Matrix angelegt, die sowohl aus dem Center-Master-Bus als auch anteilig aus dem LR-Master-Bus gespeist wurde. So konnte

---

<sup>92</sup> Ungerade Busse mit dem darauffolgenden geraden Bus, gerade Busse mit dem vorherigen ungeraden Bus

<sup>93</sup> vgl. <https://help.harmanpro.com/show-file-compatibility-amongst-vi-consoles>

## 5. Vorbereitung eines Gastspiels

der Center dediziert angesteuert werden, während die LR-Summe gleichzeitig mittig aufgefüllt wurde, was zu einer stärkeren Ortung der Signale auf der Bühne führte.

Für die verschiedenen Szenen wurden im Probenprozess des Stückes vor der Premiere 75 Snapshots angelegt, die statische Automationsdaten für die jeweiligen Szenen enthielten. Dies ist für das „Fahren“ des Stückes unverzichtbar, da sich in und zwischen den Szenen oft diverse Pegelstände, Effekt- und Monitor Sends gleichzeitig ändern müssen. Andere Parameter wie Gain, EQ, Kompressor und Mutes sollten von den Automationen jedoch nicht betroffen sein. Daher wurden sie mithilfe der ISO-Funktion und des Recall-Scopes im Snapshot-Menü der *Vi400* isoliert, um nach dem Soundcheck einen konstanten Klang der jeweiligen Quelle sicherzustellen. Wäre bspw. der EQ eines Kanals nicht isoliert, würde er beim ersten Snapshot-Wechsel nach dem Soundcheck wieder in den ursprünglich gespeicherten Zustand verfallen. So konnten jedoch für die oben genannten isolierten Parameter beim Soundcheck adäquate Werte eingestellt werden, die über alle Szenen hinweg aktiv waren.

Um die Snapshots vom *Studer*- auf das *Soundcraft*-System zu übertragen, war vorerst keine effizientere Lösung als das händische Kopieren der einzelnen Szenen zu finden. Hierfür wurden beide Pulte nebeneinandergestellt und jeweils ein Tonmeister bediente ein Pult. Um die Kommunikation zu vereinfachen und Übertragungsfehler zu vermeiden, wurden zuerst alle Szenen mit den entsprechenden Namen eingespeichert. Anschließend wurden in mehreren Iterationen pro Szene alle Faderstände der Mikroports diktiert, danach alle Instrumenten-Faderstände, die der Video-Zuspieler und so weiter. Auch das Monitoring musste pro Szene gespeichert werden, um für einzelne Szenen und Songs variable Einstellungen anbieten zu können.

Um Programmierfehler frühzeitig zu erkennen und den Arbeitsaufwand vor Ort zu erleichtern, wäre eine technische Probe unter Realbedingungen, also mit Musiker\*innen und Schauspieler\*innen noch in Stuttgart wünschenswert gewesen. Dies war jedoch aus Zeit-, Aufwands- und Dispositionsgründen nicht möglich. So konnte das System nur stichprobenweise getestet werden und wurde beim ersten Gastspiel in Heidelberg erstmalig den Realbedingungen ausgesetzt.

## 6. Durchführung vor Ort

Für einen reibungslosen Ablauf war eine enge Kooperation mit den jeweiligen Tonabteilungen vor Ort nötig. Zunächst waren die Gastspielanforderungen<sup>94</sup> als Arbeitsgrundlage verschickt worden, jedoch mussten für beide Spielstätten aufgrund der lokalen Gegebenheiten individuelle Lösungen gefunden werden. Vorrangig musste final abgeklärt werden, welche Lautsprecher tatsächlich vorhanden waren und wo und wie sie signaltechnisch angesteuert werden konnten. Auch die Anbindung der Stagebox musste über eine MADI-Leitung möglich sein, bei der entweder auf Haus-Infrastruktur zurückgegriffen werden sollte, oder ein Kabel verlegt werden musste. Je nach gewünschtem Übergabepunkt der Ausspielwege mussten zusätzlich zwei direkte Cat-Leitungen vom FOH zu diesem Punkt für die *RockNet*-Stageboxen verfügbar sein. Alternativ konnte zudem eine Lösung gefunden werden, alle Outputs auf die vorhandenen analogen Ausgänge zu routen, jedoch nur örtlich gebunden in jeweils limitierter Anzahl und nicht so flexibel, wie mit der *RockNet* Lösung.

Nachdem alle Vorbereitungen in Stuttgart getroffen waren, musste das Equipment möglichst platzsparend verpackt und verladen werden. Zusätzlich zur tontechnischen Peripherie mussten außerdem noch die Synthesizer und Sampler der Musiker\*innen mitgepackt werden. Das Material konnte auf 6 Cases verteilt werden:

Case Nr.	Case Art	Inhalt
1	Pult-Case	<i>Soundcraft Vi400</i>
2	10HE 19' Rack	<i>Soundcraft Local Rack</i>
3	Haubencase	2x <i>d&amp;b MAX</i> Monitore
4	Haubencase	2x <i>d&amp;b D12</i> Amps für Monitoring + Spare
5	60x120 Transflex	Instrumente, Stagebox und Interfaces
6	60x120 Transflex	Kabel, Mikrofone und Zuspielrechner

*Tabelle 2: Transportcase-Liste*

Im Folgenden werden die individuellen Vorabsprachen mit den jeweiligen Spielorten, sowie die genauen örtlichen Gegebenheiten beschrieben. Außerdem wird beleuchtet, auf welche Probleme und Herausforderungen vor Ort reagiert werden musste.

<sup>94</sup> Siehe Anhang 2, S. IX

## 6.1 Heidelberger Stückemarkt

In Heidelberg fand das erste Gastspiel im Marguerre-Saal am „Theater und Orchester Heidelberg“ statt. Dort ist ein *Nexus* System der Firma *Stagetec* verbaut, das als digitale Matrix und als Systemcontroller fungiert. Verschiedene Schnittstellen wie Mikrofon- und Line-Eingänge, MADI, *Dante* und AES3 werden angeboten, auf ein proprietäres Protokoll übersetzt und können sample-ratekonvertiert an beliebiger Stelle im Netzwerk im gewünschten Format wieder ausgegeben werden.<sup>95</sup>

Die Beschallung und das Monitoring im Marguerre-Saal bestehen ausschließlich aus Lautsprechern der Firma *KS-Audio*. Als Hauptbeschallung kommen zwei Line-Arrays mit jeweils einem Subwoofer sowie ein Center Cluster aus zwei Point Sources zum Einsatz. Außerdem sind im Saal mehrere Side- und Rear-Lautsprecher verteilt. Die Side-Lautsprecher sind auf zwei Wegen pro Seite zusammengefasst, während die Rear-Lautsprecher mit insgesamt zwei Wegen angefahren werden. Für den Rang gibt es eine Delay-Line aus vier Point-Sources in zwei Stereopaaren. Zusätzlich vorhanden sind Side- und Rear-Lautsprecher für den Rang, die aus denselben Wegen wie die des Parketts gespeist, aber im *Nexus* System individuell gepegelt und entzerrt werden können.

### 6.1.1 Individuelle Vorbereitung für Heidelberg

Vor allem der Signalaustausch über das *Nexus*-System stellte eine große Herausforderung dar. Da in der ursprünglichen Planung alle Signalübergaben analog konzipiert waren, um jede Form von digitalen Sync- und Clock-Problemen auszuschließen, wurden alle Wege von den Funkstrecken und auf die Beschallung analog angefordert. Dies war jedoch von Seiten des Heidelberger Theaters kurzfristig nicht umsetzbar. Stattdessen wurde um eine digitale Übergabe via MADI oder *Dante* gebeten, da diese Schnittstellen bereits am FOH verbaut waren. Auch war keine direkte Cat- oder LWL-Leitung zwischen Mischpult und Bühne vorhanden, um die Stagebox direkt ans Pult anzuschließen. Da diese Problematik erst in der letzten Woche vor dem Ladetermin aufkam und parallel die Einbindung des Plugin-Servers noch problembehaftet war, mussten in kurzer Zeit passende Lösungen gefunden werden. Dafür gab es kurzfristig Überlegungen, einen *Multiverter* der Firma *Appsys* als digitale Kreuzschiene zu nutzen, um über die vorhandene MADI-Schnittstelle im Pult sowohl Stagebox, Signalaustausch mit *Nexus* als auch den Plugin-Server anbinden zu können. Hierfür wurde auch eine Routing Tabelle erstellt.<sup>96</sup> Die Idee wurde jedoch aufgrund mangelnder Erfahrung über die Betriebssicherheit des Geräts sowie Unsicherheit über die

---

<sup>95</sup> vgl. <https://www.stagetec.com/nexus-audio-matrix>

<sup>96</sup> Siehe Anhang 4, S. XI



Kompatibilität der MADi-Verbindung zur Stagebox nach Übersetzung von *Multiverter* und *Nexus* wieder verworfen, da nicht standardisiert ist, wo im MADi-Stream die Steuerdaten für die Vorverstärker übertragen werden. Stattdessen kam die Idee auf, eine ohne Pult fernsteuerbare *Rio Dante*-Stagebox von *Yamaha* zu verwenden, diese von *Nexus* auf MADi übersetzen zu lassen und in einem Stream mit den Funk-Kanälen auf das Pult zu schicken. Im selben Stream konnten dann auf dem Rückweg die Beschallungswege übergeben werden. Für die Einbindung des Plugin-Servers inklusive *Fletcher Machine* konnte dann die inzwischen verfügbare *Dante*-Karte genutzt werden. Mit der Nutzung eines *Dante*-fähigen Switches hätten alternativ alle Wege über *Dante* ein- und ausgegeben werden können. Hier zeigt sich der Vorteil eines Audio-Netzwerks wie *Dante*, in dem die Streams von und zu Geräten sehr viel flexibler ohne die Verwendung spezieller Hardware geroutet werden können. Für das neue Setup wurde eine aktualisierte Version der IO-Liste geschrieben<sup>97</sup>, die bei Ankunft in Heidelberg bereits vom Hauspersonal vorbereitet worden war.

### 6.1.2 Technische Einrichtung in Heidelberg

Insgesamt waren in Heidelberg drei Tage Zeit im Theater disponiert. Davon war der erste Tag für Aufbau und technische Einrichtung geplant.

Da in Heidelberg zum ersten Mal das neue Showfile getestet werden konnte, war die technische Einrichtung des Stücks sehr arbeitsintensiv. Der FOH-Aufbau hingegen konnte in kurzer Zeit durchgeführt werden, da neben dem Pult mit Anbindung an das Local Rack nur zwei Zuspieldreher mit dem *PlayAudio 12*-Interface sowie ein Rechner für Plugin-Server und *Fletcher Machine* mit dem *Digiface Dante* aufgebaut werden mussten. Um das Pult auf den Haus-Takt zu synchronisieren, musste zusätzlich zur MADi-Anbindung noch die hausinterne Wordclock angebunden werden, da sich die *Vi400* lediglich auf ein AES-, Wordclock- oder Videosignal synchronisieren kann.

Der Bühnenaufbau war sehr ähnlich zu dem in Stuttgart, es mussten lediglich neue Positionen für die Monitore der Musiker\*innen gefunden werden, da der ursprüngliche Platz durch die Verkleinerung des Bühnenbilds nicht mehr vorhanden war. Auch die Zuleitungen der Sub-Cores und LS-Kabel endeten nun nicht mehr in Versatzkästen, sondern direkt an der *Rio*-Stagebox, unter der die Amps für die beiden Monitore installiert waren. Da jedoch der Aufbau des Bühnenbilds einige Zeit in Anspruch nahm, musste der tontechnische Bühnenaufbau zunächst hintenangestellt werden. In dieser Zeit konnte die PA im Zuschauerbereich getestet werden. Schon visuell fiel auf, dass die Line Arrays links und rechts der Bühne sehr breit und tief hingen. Dies machte eine auditive Ortung auf der Bühne sehr schwer, da sich durch die Überbreite der Stereobasis fast keine Phantom-schallquelle in der Mitte bilden konnte. Zudem konnte kaum eine gleichmäßige Beschallung des

---

<sup>97</sup> Siehe Anhang 3, S. X

## 6. Durchführung vor Ort

Zuschauerraums erreicht werden, da durch die tiefe Hängeposition der Abstand vom Publikum zu den Lautsprechern sehr stark variierte und die Lautstärke der insgesamt 8 Lautsprecher nur in 2 Segmenten gesteuert werden konnte.

Nach Fertigstellung des Bühnenbilds fiel außerdem auf, dass die Hinterbühnenbeschallung verglichen mit der in Stuttgart sehr schmal und über statt neben dem Hinterbühnentor hing. Diese Position war ungünstig, da die Lautsprecher so jeweils direkt hinter den Musiker\*innen hingen. So war an deren Plätzen ein sehr hoher Schallpegel zu messen, während im Publikumsbereich aufgrund der deutlich größeren Entfernung und der Verwendung von Punkt- statt Linienstrahlern nicht die gewünschte Lautstärke erreicht werden konnte, ohne die Musiker\*innen gesundheitsgefährdenden Pegeln auszusetzen. Um dieses Problem zu lösen wurde entschieden, zwei zusätzliche 12' Lautsprecher im unteren Bereich des Bühnenbilds platziert, um die abstrahlende Energie auf mehrere Lautsprecher zu verteilen. Das Amping konnte von der Spare-D12 der MAX-Monitore übernommen werden. So konnte der Pegel der geflogenen Top-Lautsprecher deutlich reduziert werden. Lediglich die geflogenen Bässe mussten den gleichen Pegel liefern, wobei diese weiter außen als die Topteile hingen und daher etwas lauter gefahren werden konnten. Hier zahlte sich die vorbereitete getrennte Ansteuerung von Bässen und Topteilen in der Pultprogrammierung aus. Die zusätzlichen Lautsprecher konnten über eine freie Matrix mit dem gleichen Signal gespeist, jedoch unterschiedlich verzögert, gepegelt und entzerrt werden.

Das Problem der fehlenden Ortung auf der Bühne konnte durch die stärker als geplante Nutzung des Center-Clusters gelöst werden. Dieser war zwar klanglich sehr unterschiedlich zu den Arrays, konnte aber teilweise entzerrt werden und die Mitte pegeltechnisch auffüllen. Hierfür musste jedoch der ursprünglich geplante Anteil des Master-Stereosignals auf der Center-Matrix erhöht werden. Zusätzlich wurden alle Mikroport-Signale sowohl auf den LR- als auch auf den Center-Master gegeben, um deren Ortung im Vergleich zu den Musik-Signalen noch stärker in Richtung Bühne zu ziehen.<sup>98</sup>

Die Entzerrung der PA war hingegen eine Herausforderung, die bis zur Aufführung nicht vollständig zufriedenstellend bewältigt werden konnte. Es zeigte sich auch im Probenprozess, dass sich der Frequenzgang der Lautsprecher mit höherem Pegel änderte und unangenehm höhenbetont wurde. Auch änderte sich der Frequenzgang im Raum je nach Winkel zum Lautsprecher stark, was eine allgemeingültige Beurteilung für den gesamten Publikumsbereich sehr schwer machte. Zuletzt kam erschwerend hinzu, dass sich der FOH unter dem Balkon des ersten Rangs befand

---

<sup>98</sup> vgl. Zuleeg und Hoeg (2023, S. 701)

## 6. Durchführung vor Ort

und dadurch von Teilen der PA abgeschattet war. Auch durch zusätzliche Reflexionen war eine neutrale und repräsentative Beurteilung des Gesamtklangs am FOH insgesamt nicht möglich.

Daher wurde bspw. die Einrichtung und Anpassung der *Ableton* Session mithilfe eines USB-Verlängerungskabels von der Saalmitte aus durchgeführt, um einen repräsentativeren Höreindruck zu bekommen. Auch für das subjektive Einhören der PA und Anpassungen der Delay-Zeiten war die Fernsteuerung des Mischpults über eine *iPad*-App mit WLAN Verbindung eine große Hilfe.

Für die Ansteuerung der Surround-Lautsprecher wurde sich vor Ort gegen die Verwendung der *Fletcher Machine* entschieden, da auch durch die Einbindung der Side- und Rear Lautsprecher im Rang zu viele der Lautsprecher in Gruppen zusammengefasst und nicht einzeln ansteuerbar waren. Somit ergab sich aus den von der *Fletcher Machine* errechneten Signalen kein schlüssiges Gesamtbild, da keine einheitliche, für alle Lautsprecher passende Delay-Zeit gefunden werden konnte. Die Returns des *LX480* wurden zusätzlich zur Front auch auf die beiden Side-Kanäle geschickt, ebenso die Surround-Kanäle aus Ableton. Auf die Rear-Lautsprecher gingen lediglich die Return-Kanäle des Surround Halls, wobei diese auch Hall-Anteile aus dem Zuspieldesign enthielten.

### 6.1.3 Proben und Vorstellung in Heidelberg

Auch aufgrund der Verkleinerung des Bühnenbilds und damit verbundenen Uminszenierungen und Änderungen für die Beleuchtungsabteilung war in Heidelberg am Tag vor der Aufführung eine Durchlaufprobe mit allen Schauspieler\*innen und Musiker\*innen disponiert. Dieser vorangestellt war eine musikalische Probe, zunächst nur mit den beiden Musiker\*innen und später mit dem Chor der Greisen, die alle Gesangs- und Rap-Szenen im Stück probten. Diese Probe war wichtig, um das Monitoring für alle Beteiligten anzupassen. Zwar waren die ursprünglichen Einstellungen aus Stuttgart kopiert worden, allerdings waren durch das veränderte Bühnenbild, die damit verbundenen neuen Monitorpositionen und die Verwendung eines neuen Mischpults mit anders klingenden EQs und Kompressoren einige Anpassungen in der Monitor-Programmierung nötig. Auch das Slapback-Delay für die Handsender musste neu eingestellt werden.

Im Verlauf der Durchlaufprobe gestaltete sich der Umgang mit den Mikroportsignalen als große Herausforderung. Anders als in Stuttgart standen in Heidelberg keine *MKE1*-Kapseln von *Sennheiser* zur Verfügung, dafür *6061*-Kapseln der Firma *dpa*. Auch das Fehlen eines Multibandkompressors sowie die Limitierungen des pultinternen De-Essers waren zunächst ungewohnt. Nach einem etwas ausführlicheren Soundcheck als üblich konnten jedoch vorerst passende Einstellungen getroffen werden. Über die verschiedenen programmierten Szenen zeichneten sich einige Tendenzen ab, dass einzelne Spieler\*innen konstant zu leise oder zu laut waren. Statt der

## 6. Durchführung vor Ort

Anpassung aller einzelnen Szenen konnte mithilfe der isolierten Trimm-Funktion oder der VCA-Master schnell eine globale, szenenübergreifende Anpassung erfolgen, was die Programmierarbeit erleichterte. Pro Szene mussten jedoch auch die einzelnen Delay-Zeiten für die Mikroports angepasst werden, um die Laufzeit zwischen Spieler\*innenposition und Beschallung zu kompensieren. Auch diese Werte waren aus der Stuttgarter Programmierung übernommen worden, aufgrund der Veränderung des Bühnenbilds und der neuen Beschallungspositionen waren jedoch kleinere Anpassungen nötig.

Gegen Ende der Durchlaufprobe wurde die Zeit knapp, sodass immer mehr zwischen den einzelnen Cues gesprungen werden musste. Letztendlich mussten die letzten fünf Cues aus Zeitgründen vollständig gestrichen werden.

Während der Probe saßen mehrere Tonmeister\*innen im Zuschauerraum verteilt und führten kritisch hörend eine Korrekturliste, die nach der Probe nach gemeinsamer Auswertung abgearbeitet werden konnte. Hierbei wurde bspw. entschieden, auf dem Summen-EQ den Bereich von 4kHz-6kHz abzusenken, da dieser auf jedem Mikroport abgesenkt werden musste und auch in lauterer Passagen der Live- und Zuspieldmusik durch das Ansprechverhalten der PA unangenehm herausschallte. So war ein EQ-Band mehr in den Sprachkanälen frei, um die Mikroports noch feiner zu entzerren. Auch die Balance zwischen Handsendern und Live-Musik erforderte viel Aufmerksamkeit und Feintuning und wurde nach einigen nach der Probe eingearbeiteten Änderungen im Soundcheck noch einmal gründlich verifiziert.

Die Vorstellung lief zuletzt ohne technische Probleme. Zwar wurden in einigen Snapshots während der Vorstellung noch kleinere Änderungen korrigiert und gespeichert, der Gesamtklang war jedoch schlüssig und in sich stimmig. Wichtig für das Gelingen war das Wissen über die klangliche Verfärbung an der FOH Position und die Fähigkeit zur „Übersetzung“ zwischen dem Klangbild am FOH und dem in den verschiedenen Zuschauerbereichen.

## 6.2 Mülheimer Theatertage

Das zweite Gastspiel fand in der Stadthalle in Mülheim an der Ruhr statt. Im Gegensatz zum Heidelberger Theater war hier lediglich eine kleine Sprachbeschallungsanlage verbaut, welche keinesfalls den Anforderungen der Produktion genügte. Daher wurde für die Dauer des Festivals vom Veranstalter eine mobile Beschallungsanlage der Firma *L-Acoustics* geplant und installiert. Als Line Arrays kamen links und rechts jeweils sechs *Kara II* geflogen unter zwei *SB18* und als Center zwei *A15 Wide* zum Einsatz. Als zusätzliche Bässe wurden jeweils zwei *SB18* links und rechts an die Portaltürme gestackt, die gemeinsam angesteuert werden konnten. Die Front Fills wurden mit sechs *x4* auf der Bühnenkante ausgeführt, als Side-Lautsprecher wurden pro Seite vier *x8* auf den

Balkonen im Zuschauerraum verteilt. Der Saal wurde nach der Hälfte der Bestuhlung abgetrennt, um die Publikums-Kapazität zu verkleinern. Die vor der Abtrennung befindliche Delay-Line aus zwei *d&b C960* wurde gedreht und als Rear-Lautsprecher verwendet. Als Hinterbühnenbeschallung wurden zwei *x15-HiQ* mit einem zentralen *SB18* geflogen. Als Systemcontroller kam ein *L-Acoustics P1* zum Einsatz, der den Stereomaster auf die Arrays und summiert auf die Front Fills verteilte, sowie das Signal für den Center entzernte.

### 6.2.1 Individuelle Vorbereitung für Mülheim

Zwischen dem Gastspiel in Heidelberg und Mülheim waren zwei Wochen Zeit, in denen die Erfahrungen und Ergebnisse aus Heidelberg reflektiert und das Setup an die Gegebenheiten in Mülheim angepasst werden konnte. Ein großer Vorteil war dabei, dass das finale Showfile aus Heidelberg als Grundlage zur Programmierung der Vorstellung in Mülheim verwendet werden konnte. Sowohl während der Durchlaufprobe als auch während der Vorstellung war jeder Snapshot mit Updates gespeichert worden. Lediglich das Input-Routing, die interne Bus-Struktur und die damit verbundenen Outputs mussten angepasst werden. So konnten alle EQs und Kompressoren und vor allem alle Monitormischungen als bereits erprobte Grundlage wiederverwendet werden. Alle Output-EQs (außer die der *MAX*-Monitore) wurden wieder auf „flat“ eingestellt, um für die neue Beschallungssituation eine neutrale Ausgangslage zu haben. In Rücksprache mit dem lokalen Ton-Team wurde eine neue IO-Liste<sup>99</sup> erstellt, die nun separate Outputs für alle 4 Seitenlautsprecherpaare enthielt. Dafür wurden die Line-Arrays und geflogenen Subwoofer auf einem Weg pro Seite angesteuert, da der *P1 Controller* die Verteilung der Signale übernahm. Die zusätzlichen gestackten Subwoofer („Ground Subs“) wurden mono angefahren und erhielten sowohl eine Summierung des LR Masters als auch den in Stuttgart genutzten „Nomos“-Kanal aus dem Zuspielder, der für die unter der Tribüne verbauten Effekt-Subwoofer bestimmt war.

### 6.2.2 Technische Einrichtung in Mülheim

Die Anbindung zum Signalaustausch erfolgte wie ursprünglich geplant ausschließlich analog sowohl am FOH als auch an der Stagebox, die wiederum SL bei den Funkstreckenracks positioniert wurde. Als Verbindung zwischen Pult und Stagebox kam eine mobile Glasfaserleitung zum Einsatz, die bereits durch hauseigene Rohrleitungen am Eisernen Vorhang vorbeiverlegt worden war.

Die Positionierung der Line Arrays war in Mülheim durch die einzig möglichen Hängepunkte festgelegt. In einer Festinstallation wäre diese Lautsprecherposition aufgrund der prominenten Erscheinung vermutlich nicht möglich, für die temporäre Installation war sie jedoch geduldet und

---

<sup>99</sup> Siehe Anhang 5, S. XII

## 6. Durchführung vor Ort

tontechnisch durchaus sinnvoll und ähnelte der einer klassischen Konzertbeschallung. Zwar hängt das Array in Stuttgart etwas höher und breiter, die Aufhängung kam der Stuttgarter Installationsversion jedoch wesentlich näher und war weniger kompromissbehaftet als die in Heidelberg. Somit war eine gute Arbeitsgrundlage für das PA-Tuning geschaffen.

Hierfür wurde zunächst die Mess-Funktion des *P1 Controllers* genutzt, der sowohl Entzerrung als auch zeitliche Anpassung des Haupt-Arrays, des Centers und der Front Fills mithilfe mehrerer vorgenommener Messungen automatisch berechnete und einsetzte. Diese Werte konnten dann eingesehen und bearbeitet werden. Hierfür standen mehrere Filter pro Lautsprechergruppe zur Verfügung.

Eine weitere Einstellmöglichkeit der Line Array Systeme von *L-Acoustics* ist das sog. Array Morphing. Hiermit können dem System mittels in den Amps verbauter DSP schnell verschiedene Zielkurven und Klangcharakteristiken verliehen werden, um dem jeweiligen Inhalt gerecht zu werden und unterschiedliche Systeme aneinander anzupassen. Je nach Anforderung kann beispielsweise die Anstauung im Tiefmittenbereich eines großen Arrays für Rockkonzerte simuliert werden.<sup>100</sup> Nach einigen Tests wurde für das Gastspiel jedoch eine annähernd lineare Einstellung gewählt, um ein möglichst neutrales Klangbild mit leichter Anhebung im Bass- und Subbass-Bereich zu erhalten. Auch alle sonstigen EQ- und Delay-Einstellungen wurden nach der Einmessung mit dem P1-Controller mit Musik- und Sprachsignalen aus dem Stück und von Referenzdateien per Ohr verifiziert und angepasst.

Die Surround-Lautsprecher wurden erst mit Referenzmusik und dann mit dem Zuspielmaterial getestet. Da im Gegensatz zum Theater in Heidelberg alle Surround-Lautsprecher einzeln ansteuerbar, also nicht in Gruppen zusammengefasst waren, konnte hier die *Fletcher Machine* sinnvoll eingesetzt werden. Die Positionen der einzelnen Balkone konnten bereits in der Vorbereitung aus Plänen ausgelesen und in die *Fletcher Machine* übertragen werden. Somit konnte ein schlüssiges Schallfeld mit korrekten Delay-Zeiten der einzelnen Objekte auf die verschiedenen Lautsprecher geschaffen werden. Die in Kapitel 6.3.4 beschriebenen Lautsprecher-Layer wurden hier für eine Links-Rechts-Aufteilung der Lautsprecher verwendet, um die beiden Kanäle des Stereosignals nicht zeitversetzt auf beiden Seiten hörbar zu machen. Da einige der Drones und Synthsignale perkussive Elemente enthielten, die aber meist mittig im Panorama angeordnet waren, reichte es aus, die beiden Signale jeweils nur auf einer Seite hörbar zu machen. Auch im Test mit sehr transientenreicher Referenzmusik konnten so transparentere Ergebnisse erzielt werden. Das Drehen

---

<sup>100</sup> Vgl. [http://www.soundengineering.ch/wp-base/wp-content/uploads/2016/02/ARRAY-MORPHING\\_WP\\_EN\\_2.1.pdf](http://www.soundengineering.ch/wp-base/wp-content/uploads/2016/02/ARRAY-MORPHING_WP_EN_2.1.pdf)

## 6. Durchführung vor Ort

der Phase bei einigen Lautsprechern brachte nochmals mehr Klarheit in den Übergangsbereichen zwischen den Abdeckungsbereichen der einzelnen Lautsprecher.

Der Frequenzgang der Lautsprecher im Raum wurde im Einhörprozess zuerst linear eingestellt und dann im Präsenzband von 2kHz bis 6kHz und ab 6kHz mit flachen High-Cut Filter abgesenkt, um die Ortung nicht unnötig auf die Lautsprecher zu ziehen (in der Messung in Abbildung 9 war nur der High-Cut aktiv). Eine unerwartete Erleichterung brachte die Sperrung der jeweils vier äußeren Plätze an den Seiten jeder Reihe, da diese Plätze durch die Bühnengeometrie und die Array-Position von Sichteinschränkungen betroffen waren. Hierdurch war noch mehr Abstand zu den einzelnen Side-Lautsprechern gewährleistet, was diese akustisch noch „unsichtbarer“ machte.

Im vorderen Publikumsbereich wurde eine starke Raummode bei ca. 85 Hz ausgemacht, die sowohl im Zuschauerraum als auch im vorderen Teil der Bühne die bauliche Struktur des Hauses anregte. In den Zonen der konstruktiven Interferenzen wurde der Schalldruck zudem unangenehm hoch, weshalb entschieden wurde, diesen Frequenzbereich deutlich abzusenken (siehe Abbildung 9).

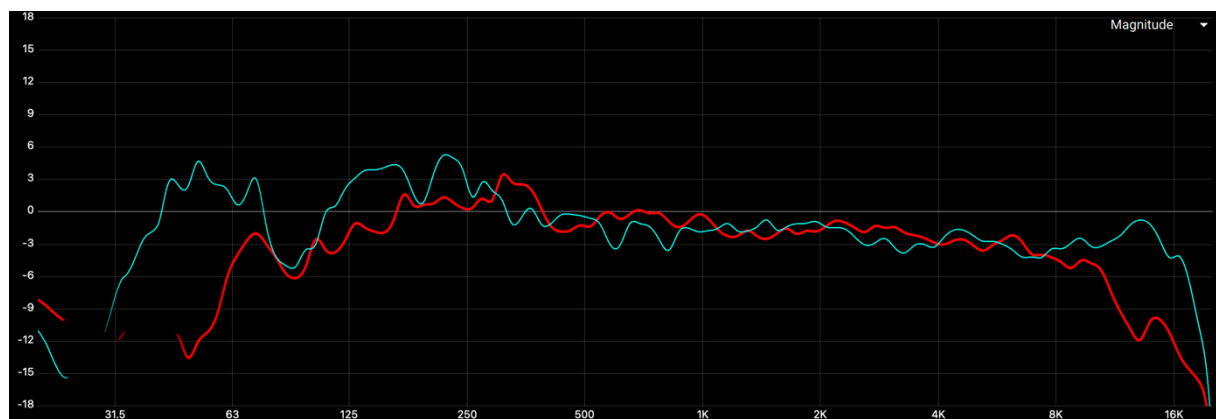


Abbildung 9: Messung der Frequenzgänge in Mülheim: Averages der Main PA (cyan) und Surround Lautsprecher (rot) (Quelle: Eigene Darstellung mithilfe der Mess-Software Open Sound Meter)

Eine weitere Besonderheit in Mülheim war, dass kein hochwertiges Mithörsignal im Haus vorhanden war. Um den Inspizienten mit Informationen von der Bühne zu versorgen, wurden daher zwei Atmo-Mikrofone an den Beleuchtungstürmen vor dem Portal installiert und über einen Aux-Weg auf einen Lautsprecher am Inspizientenpult geschickt. Um noch mehr Klarheit für die wichtigen Text-Cues zu erreichen, wurden in ausgewählten Szenen zusätzlich alle Mikroport und Handsendersignale Post-Fader auf den Aux-Weg geschickt. Auch für die Soufflage musste ein Schaltermikrofon mit Aufstecksender vorbereitet werden, damit auch Schauspieler\*innen im hinteren Bereich der Bühne im Bedarfsfall zu erreichen waren. Hier machte sich erneut die temporäre Installation bemerkbar, da zusätzlich zur mobilen PA auch die Funkstrecken aus mobilen

Einzeleinheiten bestanden, für die eine gemeinsame Antennen- sowie Frequenzkoordination erarbeitet werden musste.

### 6.2.3 Proben und Vorstellung in Mülheim

Nach den Erkenntnissen in Heidelberg wurde auch für das Gastspiel in Mülheim wieder eine technische Durchlaufprobe disponiert. Am Vorabend wurde bereits eine musikalische Probe mit den beiden Musiker\*innen durchgeführt, um deren Monitoring an die neuen lokalen Gegebenheiten anzupassen. Auch hier waren wieder einige Änderungen aufgrund der neuen Position der Hinterbühnenbeschallung nötig, jedoch konnte der Prozess durch die Erfahrungen aus Heidelberg effizienter gestaltet werden. Vor der technischen Durchlaufprobe wurde kommuniziert, dass jeweils nur die Anfänge jedes Snapshots gespielt werden würden, bis Ton- und Beleuchtungsabteilung die Szene angepasst hatten, um schneller durch das Stück zu kommen. Auch in dieser Probe mussten wieder einige Snapshots korrigiert und angepasst werden. Außerdem war eine neue Einstellung der Kompressoren und De-Esser nötig, zum einen, da die PA vor allem in den hohen Mitten und Höhen anders reagierte als die KS Audio PA in Heidelberg und zum anderen, da wieder *MKE1*- statt *6061*-Kapseln verwendet wurden. Gerade die De-Esser konnten wieder etwas moderater eingestellt werden und profitierten von den subjektiv als weicher wahrgenommenen Höhen des *L-Acoustics* Systems.

Auch in Mülheim bewährte sich das Konzept, mit mehreren Tonmeister\*innen während der Probe im Zuschauerraum zu arbeiten, um Anmerkungen und Verbesserungsvorschläge in einer gemeinsamen To-Do-Liste festzuhalten, wobei sich der Programmierfortschritt aus Heidelberg mit einer wesentlich kleineren Liste nach der Probe bemerkbar machte. Ein Punkt, an dem schon in Heidelberg gearbeitet wurde, war die Klangfarbe des *LX480* Halls. Hier wurde nochmals Zeit investiert, um den gewünschten Effekt zu erreichen, die Stimme subtil größer wirken zu lassen. Da dies aber mit Schauspieler\*innen zu zeitintensiv gewesen wäre wurden probeweise mehreren Teammitgliedern Mikroports angeklebt, um Hall, Delay-Zeiten und De-Esser zu justieren.

Da die Durchlaufprobe mehr auf technische Effizienz ausgelegt war, also an technisch sinnvollen Stellen gesprungen wurde, konnten diesmal alle Szenen geprobt werden, wovon sowohl die letzten fünf Cues als auch alle Übergänge zwischen den Snapshots profitierten. So konnte auch die Vorstellung in Mülheim ohne Havariefall oder große tontechnische Fehler durchgeführt werden.



## 7. Erkenntnisse für kommende Gastspiele

Nachdem in den beiden vorangegangenen Kapiteln der Ablauf eines exemplarischen Gastspiels beschrieben wurde, soll dieser im folgenden Kapitel noch einmal reflektiert und evaluiert werden, um Möglichkeiten zu erarbeiten, den Gastspielprozess für zukünftige Anforderungen effizienter und einfacher zu gestalten.

### 7.1 Konzeption und Vorbereitung

Der wichtigste Punkt in der Vorbereitung war eine gute **Kommunikation** mit den Technik-Teams vor Ort. Dafür mussten jedoch zuerst die Anforderungen des Stücks klar definiert sein. Zwar wurden Gastspielanforderungen und der Einrichtungsplan aus Stuttgart früh verschickt, auch eine technische Vorreise fand statt, jedoch zeigte sich, dass im direkten Austausch in einem Telefonat die wichtigen Informationen besser kommuniziert werden konnten als im schriftlichen Austausch. Dies lag unter anderem darin begründet, dass zum Zeitpunkt des Telefonats die genaue Programmierung und Ausspielwege besser bekannt waren als zum Zeitpunkt der technischen Vorreise. Auch die Tatsache, dass im Telefonat für das erste Gastspiel alle unmittelbar beteiligten Heidelberger Tonmeister\*innen direkt mit dem Stuttgarter Systemtechniker, der die technische Vorbereitung durchgeführt hatte, sprechen konnten, war sehr aufschlussreich und zielführend. Hätte dieses Gespräch schon früher stattgefunden, hätten viele Variablen, die in der Einrichtung beschrieben wurden, schon früher durch definitive Fakten ersetzt werden können. Gleichzeitig war aber auch der weite Stand der Vorbereitungen wichtig für das Gespräch, um schnelle Entscheidungen treffen und auf Rückfragen fundiert Auskunft geben zu können. Im Nachgespräch mit dem Team des Theaters Heidelberg wurde außerdem rückgemeldet, dass es von großer Hilfe gewesen sei, die **finale IO-Liste** für den rein digitalen Signalaustausch schon einige Tage vor Eintreffen der Produktion vorliegen zu haben. So konnten viele Routings im Nexus-System schon vorbereitet und nach Ankunft der Produktion lediglich auf Richtigkeit überprüft werden, was Zeit einsparte. Auch in Mülheim konnte der Prozess der Ausspielwegübergabe an FOH und Bühne dank der effizienten Kommunikation vorab mithilfe der vorher abgesprochenen IO-Liste schnell umgesetzt werden.

Der Vorbereitungsprozess nahm insgesamt viel Zeit in Anspruch, da bei einem Gastspiel dieser Größenordnung auf wenig Erfahrungswerte zurückgegriffen werden konnte. Zusätzlich fiel sie in einen Zeitraum, der dispositionstechnisch schon sehr stark durch Neu- und Repertoireproduktionen im aktiven Spielbetrieb beansprucht war. Daher konnte sie zu großen Teilen nur von einem Tonmeister durchgeführt werden, wobei viele zu planende Parameter von der gemeinsamen Wissens- und Innovationsbasis mehrerer Tonmeister\*innen profitiert hätte. Gerade die Einbindung

eines **Plug-In-Servers** und **Surround-Sound-Prozessors** war eine Neuerung, deren Komponentenauswahl und signaltechnische Anbindung erstmalig erarbeitet werden musste. Auch durch die anfänglichen Beschränkungen der IO-Möglichkeiten waren weniger Varianten möglich. Der Einsatz eines digitalen Audionetzwerks durch die zusätzliche **Dante-Karte** war ein großer Mehrwert, der, wäre er von Beginn der Planung an vorhanden gewesen, deutlich einfachere und flexiblere Lösungen ermöglicht hätte. Um solchen Innovationsbedarf früher erkennen zu können und im Sinne der Gesamtqualität einer Gastspielproduktion sollte der Arbeitsaufwand auch in der **Disposition des Alltagsgeschäfts** genügend Zeit und Aufmerksamkeit zugeteilt bekommen.

Für den Vorgang des **Szenen-Kopierens** konnte in der Vorbereitung der nachfolgenden Gastspielproduktion („Hotel Savoy“ in Bregenz) eine Verbesserung gefunden werden, bei der die Szenen von der *Studer Compact Remote* im offline-Betrieb, statt vom Originalpult diktiert wurden. Damit konnte eine Entkopplung vom aktiven Spielbetrieb erreicht werden, da bei der vorherigen Variante ein spiel- und probenfreier Zeitraum benötigt wurde. Nach wie vor mussten jedoch alle Szenen händisch kopiert werden, da ein herstellerübergreifendes Datenübertragungsformat bis heute nicht bekannt ist. Daher kann empfohlen werden, bei einer zukünftigen Pult-Neuanschaffung bei der Auswahl des Installationspultes auch die Verfügbarkeit kompatibler mobiler Pultsysteme in Betracht zu ziehen, um Showfiles leichter transferieren zu können. Auch die Einrichtung eines **Gastspiel-Defaults** mit vorkonfigurierten Ausgangsbussen, wie sie in der Installation beim Studer-System vorhanden ist, kann für aktuell vorhandene Gastspielpulte eine Erleichterung für zukünftige, komplexe Gastspiele sein. Hierbei sollten jedoch immer die individuellen Anforderungen eines Stücks berücksichtigt werden. Während im Studer-System für viele mögliche Ausspielwege bereits Busse fest angelegt sind, ist die Bus-Anzahl bei den vorhandenen mobilen Pultsystemen deutlich beschränkter und es muss darauf geachtet werden, nicht unnötig viele Busse per Default zu beschlagnehmen. Die Verwendung von **zusätzlichen Systemcontrollern** zum Steuern von Delay-Zeiten, Levels und Entzerrungen einzelner Systembestandteile könnte ebenfalls Busse sparen. So hätte bspw. die Hinterbühnenbeschallung in Heidelberg, die aufgrund der zusätzlichen Bodenlautsprecher und getrennt angesteuerten Subwoofer fünf Busse benötigt hatte auf zwei Busse reduziert werden. Auch eine Matrizierung für die Front Fills, Subwoofer und Arrays aus der Stereosumme sowie deren Entzerrung hätten wie in Mülheim ausgelagert werden können. So wäre das Mischpult entlastet und gerade für die Entzerrung von Lautsprechern stünden passendere EQs als der Standard 4-Band- und Terzband-EQ der *Vi400* zur Verfügung. Die fertigen Ausspielwege könnten dann mithilfe von Tie-Lines auch wieder aus den IO-Systemen des Mischpults ausgegeben werden. Diese Vorgehensweise schränkt jedoch andererseits die flexible Beschi-ckung der einzelnen Wege mit angepassten Signalen ein und liefert durch zusätzliche Hardware und Verbindungen wieder neue potenzielle Fehlerquellen.

Mit Bühneninputs, Zuspielkanälen, Effekt- und Surround Returns sowie Utility-Kanälen wie Talkback oder Miniklinke für Referenzmusik waren alle 64 Inputkanäle des *Vi400* in Benutzung. Durch die Installation einer **zusätzlichen DSP-Karte** würden sich weitere 32 Inputs, also insgesamt 96 Inputs nutzen lassen, während bei insgesamt vier möglichen DSP-Karte die Option bestünde, bei 64 Inputs 32 Stereo-Busse zur Verfügung zu haben.<sup>101</sup> Mithilfe dieser zusätzlichen Processing-Ressourcen ließen sich extensivere Default-Files bauen, die die Limitationen des Pults erst später erreichen würden und somit mehr Optionen abdecken könnten.

Zuletzt kann inhaltlich und künstlerisch diskutiert werden, ob die technische Umsetzung bei einem Gastspiel mit der einer Festinstallation identisch sein muss, oder ob eine **technische Reduzierung** auf künstlerisch unverzichtbare Bestandteile möglich ist. So kann bspw. der Mehrwert einer aufwändigen Surround- und Hinterbühnenbeschallung diskutiert werden, die in Stuttgart zwar fest installiert und einfach nutzbar, mobil jedoch je nach Veranstaltungsort sehr aufwändig umzusetzen ist.

### 7.2 Vorgehen vor Ort

Am meisten Zeit war vor Ort in der ersten Probe mit dem neuen Pult-System nötig. Sowohl EQs als auch Kompressoren und De-Esser mussten auf der *Vi400* neu eingestellt werden, da die *Studer*-Werte zwar teilweise kopiert wurden, sich klanglich und zeitlich jedoch sehr von denen der *Soundcraft*-Konsole unterscheiden. Hilfreich wäre hier das weitere Testen und Vorbereiten des Showfiles bereits in Stuttgart gewesen. Als Material hätte die vorhandene **Mehrspurtaufzeichnung** der Premiere oder die technische Probe in Stuttgart genutzt werden können, letztere Option wäre jedoch mit einem hohen technischen Aufwand verbunden gewesen. Mit einer Mehrspuraufnahme hätten jedoch sowohl die Mikroport- als auch die Instrumenten- und Gesangssignale schon in der Vorbereitung und vor allem vor Ort mit einem **Virtual Soundcheck** unter Realbedingungen getestet werden können. So hätte in den musikalischen Proben noch mehr Zeit auf das Monitoring verwendet werden können, da der Mix für das Publikum schon vorbereitet gewesen wäre. Für die Mikroports hätten lediglich die Gain-Werte noch angepasst werden müssen, um gute Arbeitspunkte für Kompressoren und De-Esser zu finden.

Ebenfalls Zeit kostete die **Übergabe des Mischpults** vom Systemtechniker, der auch die Einrichtung des Pultes vorgenommen hatte, an den Mischtonmeister. Auch diese konnte aufgrund des engen Zeitplans erst vor Ort durchgeführt werden. Zwar war das Pult grundsätzlich aus vorherigen

---

<sup>101</sup> vgl. <https://help.harmanpro.com/show-file-compatibility-amongst-vi-panels>

## 7. Erkenntnisse für kommende Gastspiele

Verwendungen bereits bekannt, jedoch bedurfte die Menge an Inputs, Outputs sowie der Umgang mit Snapshots und Recall Scopes für diesen speziellen Anwendungsfall einiger Eingewöhnung.

Für das zeitliche Vorgehen vor Ort ist die **Aufstellung von Zeitplänen** aufgrund vieler unvorhersehbarer und nicht vorab einzuschätzender örtlicher Gegebenheiten grundsätzlich schwierig. Jedoch können allgemeine Arbeitsreihenfolgen festgehalten werden, die einander gegenseitig bedingen. So kann der Aufbau der Instrumente und des Monitorings nicht ohne die Bühnenbild-Aufbauten beginnen, welche meist erst am zweiten technischen Einrichtungstag abgeschlossen wurden. Genauso konnte noch nicht künstlerisch am Pult gearbeitet werden, während das Beschallungssystem noch eingemessen und -gehört wurde. Unter Berücksichtigung dieser Bedingungen, verbunden mit einer klaren Aufgaben- und Verantwortungsaufteilung im Team, können ressourcenschonende Personaldispositionen sowie effiziente **Ablaufpläne mit technischen und künstlerischen Zwischenzielen** erstellt werden. Diese könnten bspw. Parameter wie getestete Ausspielwege, Fertigstellung der PA-Grundeinmessung oder Zeiträume zur Anpassung der Zuspiel-Session darstellen. Nicht zuletzt sollte auf die Disposition einer ausreichend langen **Probe mit Schauspieler\*innen vor Ort** Wert gelegt werden.

Auch der Prozess des **PA-Einmessens** unterscheidet sich für Theateranwendungen von dem für Konzertbeschallungen und muss mit entsprechend mehr Zeit einberechnet werden. Durch die höhere Anzahl an Lautsprecherpositionen, der Vielzahl an Beschallungsebenen geschuldet, müssen neue Konzepte für Time-Alignment und Zielfrequenzgänge erarbeitet werden. Gerade in Heidelberg mussten viele Erkenntnisse erstmalig gewonnen werden. Beispielsweise wurde durch das Vorhandensein einer Festinstallation vorerst auf die Erleichterung der Arbeit mithilfe einer objektiven Messung verzichtet und auf eine rein subjektive Referenzkontrolle gesetzt. Wäre zu einem früheren Zeitpunkt im Ablauf eine Messung durchgeführt worden hätten Probleme der Beschallungsanlage wie bspw. das nichtlineare Ansprechen in hohen Frequenzen und die klanglichen Unterschiede des Center-Clusters früher erkannt werden können und nicht in der Mischung dagegen gearbeitet werden müssen. So war ein Eingreifen in den Klang des Gesamtsystems nach der Probe ohne erneutes gegenhören der Quellen schwer möglich. Dieser Vorgang wurde schon in Mülheim optimiert, indem sowohl vom *P1-Controller* als auch mithilfe der Mess-Software *Open Sound Meter* mehrere Messungen gemacht wurden, die zu einem homogenen und konsistenten Klangbild führten.

Auch eine erweiterte Erprobung des **Surround-Sound-Prozessors** und dessen Möglichkeiten und Grenzen kann in jedem Fall empfohlen werden. Zwar war die virtuelle Version der *Fletcher Machine* für die verglichen zu den Möglichkeiten eher geringen Anforderungen des Gastspiels ausreichend, jedoch können mit hardwaregebundenen Geräten niedrigere Latenzen (1,3ms statt

## 8. Fazit

12ms) und mehr als zwei Lautsprecher-Layer realisiert werden. Außerdem wäre eine redundante Anbindung über *Dante*, sowie die individuelle Beschickung von mehr als 12 Lautsprechern möglich.<sup>102</sup> Mit den Erkenntnissen aus Mülheim zeigt sich außerdem, dass die Auflegung der Lautsprechersignale aus der *Fletcher Machine* auf Input-Kanäle zur finalen Lautsprecheranpassung nicht nötig gewesen wäre, da in der Software für jeden Lautsprecher anpassbare Filter und Delays zur Verfügung stehen. Hier hätten wieder Tie-Lines verwendet werden können, um die Output-Möglichkeiten des *Vi-Systems* nutzen und einen Roundtrip-Latenz-Zyklus einsparen zu können. Dies hätte zwar im Vergleich zur durch Verwendung der *Virtual Fletcher Machine* (12ms), *DVS* (4ms) und Plug-In-Server (2,7ms) ohnehin schon hohen Latenz wenig Verbesserung gebracht, dafür jedoch Input-Kanäle gespart.

Abschließend war die **Versionspeicherung** mehrerer Showfiles eine große Hilfe, sodass immer verglichen werden konnte, ob eine neue Einstellung tatsächlich Verbesserungen erbrachte. Auch wurde in regelmäßigen Abständen eine Speicherung auf externen Datenträgern vorgenommen, um gegen Programmierungs- oder Hardwarefehler geschützt zu sein. Diese traten zwar nicht ein, jedoch war der Sicherungsmechanismus Routine vor größeren oder globalen Änderungen.

## 8. Fazit

Ziel der vorliegenden Arbeit war es, den Prozess eines Theater-Gastspiels aus der Sicht des Systemtechnikers zu begleiten und anhand seiner notwendigen Phasen und Elementen zu beschreiben. Dafür notwendige Grundlagen wurden in den ersten Kapiteln gelegt, indem zuerst etablierte digitale Standards der Audiosignalübertragung aus Anwendersicht beschrieben und in ihrer Funktionsweise erläutert wurden. Dabei lag der Fokus nicht auf der vollständigen Erklärung aller Parameter und Funktionsweisen, sondern auf anwendungsbezogenen, für die Fehlersuche und Problembehebung wichtigen Details. In Kapitel 3 wurden die Besonderheiten und Unterschiede einer Beschallungsanlage im Theater gegenüber einer typischen Konzertbeschallung dargestellt. Die in Kapitel 4 beschriebenen Formen von Surroundbeschallung spielen in Theaterinstallationen eine große Rolle, werden aber auch zunehmend im Konzertkontext eingesetzt. Gerade objektbasierten Frontalbeschallungen mit mehreren Lautsprecherpositionen bieten große Vorteile in Bezug auf Ortungsrichtigkeit und räumliche Tiefe der zu verstärkenden Schallquellen und können insbesondere in Kombination mit Personen-Tracking-Systemen für Schauspieler\*innen einen großen Mehrwert für zukünftige Theateranwendungen und -installationen bieten.

---

<sup>102</sup> vgl. <https://bespline.com/#products>

## 8. Fazit

Blickt man auf den zeitlichen Ablauf des Projekts zurück, sind viele Arbeitsstunden investiert worden, um ein Theaterstück mit den gleichen künstlerischen Ansprüchen auf eine neue Bühne zu übertragen. Alle dafür notwendigen Komponenten, Vorbereitungen und Entscheidungen wurden in Kapitel 5 dargestellt und begründet. Die daraus resultierenden Herausforderungen und nötigen Anpassungen vor Ort wurden für jedes Gastspiel in Kapitel 6 dokumentiert.

Eine ausführliche Reflektion des Gastspiel-Prozesses wurde bereits in Kapitel 7 dargestellt. Diese Darstellung impliziert an vielen Stellen Optimierungsmöglichkeiten für kommende Gastspiele, die jedoch oft auf die bereits gefundenen Lösungen aufbauen. Es kann also gefolgert werden, dass die angewendeten Mittel und Methoden meist zielführend und angemessen gewählt wurden. Dadurch kann für den Gesamtprozess durchaus eine positive Bilanz gezogen werden, auch da die beiden Aufführungen, die letztendlich das Endprodukt der gesamten Arbeit darstellten, ohne technische Probleme oder andere unerfreuliche Vorkommnisse erfolgreich durchgeführt werden konnten.

Insgesamt zeigte sich auch als persönliche Erkenntnis des Autors, wie komplex und wichtig das Zusammenspiel einzelner Komponenten in einer Installations-Beschallungsanlage mit flexiblen Anforderungen ist. Viele Bestandteile dieser Infrastruktur sind für die technische Funktion der Anlage und die künstlerische Arbeit mit dieser unerlässlich, werden jedoch oft als Selbstverständlichkeit wahrgenommen und nicht weiter bedacht bis sie bspw. aufgrund des Umzugs auf eine neue Beschallungsanlage neu geschaffen werden müssen. Genau dies zeichnet jedoch auch die Qualität einer guten Installation, ähnlich wie die der eingangs geschilderten guten Beschallung, aus: Im Hintergrund zu agieren und durch einwandfreie und auf die jeweiligen Bedürfnisse angepasste Funktion das dargebotene Ereignis bestmöglich zu unterstützen, ohne dabei als eigenständige Komponente wahrgenommen zu werden.

## 9. Literaturverzeichnis

### Buchquellen

- Ahnert, W. & Goertz, A. (2009). Beschallungstechnik, Beschaltungsplanung und Simulation. In S. Weinzierl (Hrsg.), *VDI-Buch. Handbuch der Audiotechnik*. Springer Berlin Heidelberg.
- Ahnert, W. & Steffen, F. (1993). *Beschallungstechnik: Grundlagen und Praxis*. Hirzel.
- Arasin, P. & Dickreiter, M. (2023). Mikrofone und Lautsprecher. In M. Dickreiter, V. Dittel, W. Hoeg & M. Wöhr (Hrsg.), *Handbuch der Tonstudioteknik* (9., aktualisierte und erweiterte Auflage, S. 139–230). De Gruyter Saur.
- Buff, H.-M. (2020). *Überall: Musikproduktion in 3D-Audio für Kopfhörer*. Ebner Media Group GmbH & Co. KG.
- Conrad, J.-F. (2007). *Lexikon Beschallung: Live Sound und PA-Systeme; das gesamte Fachvokabular der angewandten Elektroakustik* (2. Aufl.). PPV-Medien.
- Friesecke, A. (2014). *The Audio Encyclopedia: Ein Nachschlagewerk für Tontechniker*. De Gruyter Reference Ser. Walter de Gruyter GmbH. <https://ebookcentral.proquest.com/lib/kxp/detail.action?docID=1634361>
- Görne, T. (2015). *Tontechnik: Hören, Schallwandler, Impulsantwort und Faltung, digitale Signale, Mehrkanaltechnik, tontechnische Praxis* (4., aktualis. Aufl.). Hanser.
- Götz, R. (2023). Grundlagen der Digitalen Tontechnik. In M. Dickreiter, V. Dittel, W. Hoeg & M. Wöhr (Hrsg.), *Handbuch der Tonstudioteknik* (9., aktualisierte und erweiterte Auflage, S. 836). De Gruyter Saur.
- Holman, T. (2008). *Surround sound: Up and running* (2. ed.). Elsevier/Focal Press. <http://www.sciencedirect.com/science/book/9780240808291>
- Leonard, J. A. (2001). *Theatre sound. methuen | drama*. A&C Black.
- Pieper, F. (2011). *Das P.A.-Handbuch: Praktische Einführung in die professionelle Beschallungstechnik* [4., überarb. Aufl.]. Carstensen.
- Slavik, K. M. (2009). Anschlussstechnik, Interfaces, Vernetzung. In S. Weinzierl (Hrsg.), *VDI-Buch. Handbuch der Audiotechnik*. Springer Berlin Heidelberg.
- Smyrek, V. & Grzesinski, C. (2020). *Smyrek | Tontechnik: Für Veranstaltungstechniker in Ausbildung und Praxis* (4., völlig neu bearbeitete Auflage). Hirzel Verlag. <http://biblioscout.net/book/99.105015/9783777629476>
- Theile, G. & Nipkow, L. (2023). Tonaufnahme und Tonwiedergabe: Mehrkanalstereofonie. In M. Dickreiter, V. Dittel, W. Hoeg & M. Wöhr (Hrsg.), *Handbuch der Tonstudioteknik* (9., aktualisierte und erweiterte Auflage). De Gruyter Saur.
- Weinzierl, S. (Hrsg.). (2009). *VDI-Buch. Handbuch der Audiotechnik*. Springer Berlin Heidelberg. <http://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:31-epflicht-1521165>

Zuleeg, R. & Hoeg, W. (2023). Beschallung. In M. Dickreiter, V. Dittel, W. Hoeg & M. Wöhr (Hrsg.), *Handbuch der Tonstudiotechnik* (9., aktualisierte und erweiterte Auflage, 685-). De Gruyter Saur.

## Internetquellen

<https://adamson.ai/support/downloads-directory/adamson-fletcher-machine/944-fletcher-machine-brochure-2024/file> (Letzter Zugriff: 11.08.2024, 17:30 Uhr)

<https://www.allen-heath.com/hardware/audio-networking/gigaace/> (Letzter Zugriff: 11.08.2024, 17:30 Uhr)

<https://archiv.rme-audio.de/products/madi-center.php> (Letzter Zugriff: 11.08.2024, 17:30 Uhr)

<https://www.audinate.com/company/history/> (Letzter Zugriff: 11.08.2024, 17:30 Uhr)

[https://audioprof.thomann.de/wp-content/uploads/2014/10/thomann-audio-pro\\_referenzkarte\\_theater\\_v2\\_web-1.pdf](https://audioprof.thomann.de/wp-content/uploads/2014/10/thomann-audio-pro_referenzkarte_theater_v2_web-1.pdf) (Letzter Zugriff: 11.08.2024, 17:30 Uhr)

<https://audioxpress.com/news/sennheiser-acquires-majority-stake-in-vr-ar-audio-software-company-dear-reality> (Letzter Zugriff: 11.08.2024, 17:30 Uhr)

<https://av.technology/industry/adamson-fletcher-machine-v2-debuts> (Letzter Zugriff: 11.08.2024, 17:30 Uhr)

<https://bespline.com/> (Letzter Zugriff: 11.08.2024, 17:30 Uhr)

<https://www.br.de/radio/bayern2/sendungen/radiowissen/deutsch-und-literatur/oedipus-das-thema100.html> (Letzter Zugriff: 11.08.2024, 17:30 Uhr)

<https://www.dbaudio.com/global/de/produkte/processing-und-matrix/ds100/> (Letzter Zugriff: 11.08.2024, 17:30 Uhr)

<https://www.dbsoundscape.com/global/de/> (Letzter Zugriff: 11.08.2024, 17:30 Uhr)

<https://www.diereferenz.de/riedel-und-rocknet> (Letzter Zugriff: 11.08.2024, 17:30 Uhr)

<https://www.diereferenz.de/rocknet-bei-riedel> (Letzter Zugriff: 11.08.2024, 17:30 Uhr)

<https://digico.biz/wp-content/uploads/2020/02/TN294-SD-Series-Madi-Implementation.pdf> (Letzter Zugriff: 11.08.2024, 17:30 Uhr)

<https://www.getdante.com/support/faq/> (Letzter Zugriff: 11.08.2024, 17:30 Uhr)

<https://help.harmanpro.com/show-file-compatibility-amongst-vi-consoles> (Letzter Zugriff: 11.08.2024, 17:30 Uhr)

<https://ifaa-akustik.de/kompetenzen/beschallungsanlagen> (Letzter Zugriff: 11.08.2024, 17:30 Uhr)

<https://www.land-der-erfinder.ch/tag/sonic-emotion/> (Letzter Zugriff: 11.08.2024, 17:30 Uhr)



## 9. Literaturverzeichnis

- <https://www.liquidsonics.com/software/seventh-heaven-professional/> (Letzter Zugriff: 11.08.2024, 17:30 Uhr)
- <https://www.nti-audio.com/Portals/0/data/de/> (Letzter Zugriff: 11.08.2024, 17:30 Uhr)
- <https://pinanson.eu/en/glossary/dante-protocol/> (Letzter Zugriff: 11.08.2024, 17:30 Uhr)
- <https://www.prosoundweb.com/digico-launches-sd-convert-session-file-transfer-software/> (Letzter Zugriff: 11.08.2024, 17:30 Uhr)
- <https://www.riedel.net/de/produkte-loesungen/distribuierte-videonetze/rocknet/> (Letzter Zugriff: 11.08.2024, 17:30 Uhr)
- <https://www.riedel.net/en/products-solutions> (Letzter Zugriff: 11.08.2024, 17:30 Uhr)
- [https://www.riedel.net/fileadmin/user\\_upload/800-downloads/06.2-Manuals-Audio/Rocknet\\_Comparision\\_RN100\\_vs.\\_RN300\\_\\_EN\\_.pdf](https://www.riedel.net/fileadmin/user_upload/800-downloads/06.2-Manuals-Audio/Rocknet_Comparision_RN100_vs._RN300__EN_.pdf) (Letzter Zugriff: 11.08.2024, 17:30 Uhr)
- <https://www.schauspiel-stuttgart.de/spielplan/archiv/f/forecast-oedipus/> (Letzter Zugriff: 11.08.2024, 17:30 Uhr)
- <https://www.soundcraft.com/en/products/vi400-600-upgrade> (Letzter Zugriff: 11.08.2024, 17:30 Uhr)
- [http://www.soundengineering.ch/wp-base/wp-content/uploads/2016/02/ARRAY-MORPHING\\_WP\\_EN\\_2.1.pdf](http://www.soundengineering.ch/wp-base/wp-content/uploads/2016/02/ARRAY-MORPHING_WP_EN_2.1.pdf) (Letzter Zugriff: 11.08.2024, 17:30 Uhr)
- <https://sta.images.audiogroup.org/medias/item/18154/1600x1600.jpg> (Letzter Zugriff: 11.08.2024, 17:30 Uhr)
- <https://www.stagetec.com/nexus-audio-matrix> (Letzter Zugriff: 11.08.2024, 17:30 Uhr)
- <https://web.archive.org/web/20191022234304/http://www2.sonicemotion.com/professional/> (Letzter Zugriff: 11.08.2024, 17:30 Uhr)
- [https://www.wz.de/nrw/wuppertal/wirtschaft/riedel-uebernimmt-media-nerics\\_aid-31547847](https://www.wz.de/nrw/wuppertal/wirtschaft/riedel-uebernimmt-media-nerics_aid-31547847) (Letzter Zugriff: 11.08.2024, 17:30 Uhr)

# 10. Anhang

## Anhangsverzeichnis

Anhang 1: Grundeinrichtungsplan Stuttgart .....	IX
Anhang 2: Gastspielanforderungen Forecast:Oedipus .....	IX
Anhang 3: IO Liste Heidelberg.....	X
Anhang 4: Multiverter Patch.....	XI
Anhang 5: IO-Liste Mülheim an der Ruhr .....	XII

### Anhang 1: Grundeinrichtungsplan Stuttgart

Siehe externer Anhang.

### Anhang 2: Gastspielanforderungen Forecast:Oedipus

Siehe externer Anhang.

### Anhang 3: IO Liste Heidelberg

IO Forecast Oedipus Heidelberg							
INPUTS				OUTPUTS			
Patch (original)	Patch (neu)	Quelle	Input	Patch (original)	Patch (neu)	Output	
SB1-A1	Madi 1	Funk 1	MP 1 - Thomas	RockNet Out 1	Madi Out 1	E8 Portal L	
SB1-A2	Madi 2	Funk 2	MP 2 - Therese	RockNet Out 2	Madi Out 2	E8 Portal R	
SB1-A3	Madi 3	Funk 3	MP 3 - Sebastian	RockNet Out 3	Madi Out 3	E8 BK L	
SB1-A4	Madi 4	Funk 4	MP 4 - Michael	RockNet Out 4	Madi Out 4	E8 BK R	
SB1-A5	Madi 5	Funk 5	MP 5 - Katharina	RockNet Out 5	Madi Out 5	Mon Maike	
SB1-A6	Madi 6	Funk 6	MP 6 - Celina	RockNet Out 6	Madi Out 6	Mon Tim	
SB1-A7	Madi 7	Funk 7	MP 7 - Marietta	RockNet Out 7	Madi Out 7	BH L	
SB1-A8	Madi 8	Funk 8	MP 8 - Josephine	RockNet Out 8	Madi Out 8	BH R	
SB1-A9	Madi 9	Funk 9	MP 9 - Teresa	RockNet Out 9	Madi Out 9	Portal L	
SB1-A10	Madi 10	Funk 10	MP 10 - Jannik	RockNet Out 10	Madi Out 10	Portal R	
SB1-A11	Madi 11	Funk 11	MP 11 - Valentin	RockNet Out 11	Madi Out 11	Sub L	
SB1-A12	Madi 12	Funk 12	MP 12 - Havarie	RockNet Out 12	Madi Out 12	Sub R	
SB1-A13	Madi 13	Funk 13	HS 1 - Valentin	RockNet Out 13	Madi Out 13	Portal Center	
SB1-A14	Madi 14	Funk 14	HS 2 - Teresa	RockNet Out 14	Madi Out 14	Frontfills	
SB1-A15	Madi 15	Funk 15	HS 3 - Jannik	RockNet Out 15	Madi Out 15	Downfill L	
SB1-A16	<b>Madi 17!</b>	KMS 105 (Musikerin L)	HS 4 - Meike	RockNet Out 16	Madi Out 16	Downfill R	
SB1-C1	<b>Madi 18!</b>	Beta 58 (Musiker R)	HS 5 - Tim	RockNet Out 17	Madi Out 17	Decke L	
SB1-C2	<b>Madi 16!</b>	Funk 16	HS 6 - Havarie	RockNet Out 18	Madi Out 18	Decke R	
SB1-C3	<b>Madi 28!</b>	SM58 Switch (Publikum)	AS/HS Soufflage	RockNet Out 19	Madi Out 19	Side Surr L	
SB1-C4	Madi 19	Inst (Musikerin L)	SP-404 L	RockNet Out 20	Madi Out 20	Side Surr R	
SB1-C5	Madi 20	Inst (Musikerin L)	SP-404 R	RockNet Out 21	Madi Out 21	Rear Surr L	
SB1-C6	Madi 21	Inst (Musikerin L)	MicroKorg XL L	RockNet Out 22	Madi Out 22	Rear Surr R	
SB1-C7	Madi 22	Inst (Musikerin L)	MicroKorg XL R	RockNet Out 23	Madi Out 23	FX Subs/Nomos	
SB1-C8	Madi 23	Inst (Musikerin L)	SP-404 Hav L	RockNet Out 24	Über Haus	Mithör Feed	
SB1-C9	Madi 24	Inst (Musikerin L)	SP-404 Hav R				
SB1-C10	Madi 25	Inst (Musiker R)	MicroKorg S L	Local Line Out 1		Portal L	
SB1-C11	Madi 26	Inst (Musiker R)	MicroKorg S R	Local Line Out 2		Portal R	
SB1-C12	Madi 27	SM57 mit FX-Pedal (Musiker R)	Posaune	Local Line Out 3		Sub L	
SB1-C13				Local Line Out 4		Sub R	
SB1-C14				Local Line Out 5		Portal Center	
SB1-C15	über Haus zu Inspi	MH Saal	Mithören L	Local Line Out 6		Frontfills	
SB1-C16	über Haus zu Inspi	MH Saal	Mithören R	Local Line Out 7		Downfill L	
				Local Line Out 8		Downfill R	
Local Line In 1			Zsp BH L	Local Line Out 9		Decke L	
Local Line In 2			Zsp BH R	Local Line Out 10		Decke R	
Local Line In 3			Zsp Portal L	Local Line Out 11		Side Surr L	
Local Line In 4			Zsp Portal R	Local Line Out 12		Side Surr R	
Local Line In 5			Zsp Surround 1	Local Line Out 13		Rear Surr L	
Local Line In 6			Zsp Surround 2	Local Line Out 14		Rear Surr R	
Local Line In 7			Zsp Decke L	Local Line Out 15		FX Subs/Nomos	
Local Line In 8			Zsp Decke R	Local Line Out 16		Mithör Feed	
Local Line In 9			Zsp FX Sub/Nomos				
Local Line In 10			Zsp Mon	Local AES Out 1-2	Madi 51-52	Server FX Send 1/2	
Local Line In 11			Zsp Hall L	Local AES Out 3-4	Madi 53-54	Server FX Send 3 (stereo)	
Local Line In 12			Zsp Hall R	Local AES Out 5-6			
Local Line In 13				Local AES Out 7-8			
Local Line In 14				Local AES Out 9-10	Madi 55-56	Server Upmix Send 1 (Zsp)	
Local Line In 15			Videoton L	Local AES Out 11-12	TotalMix Loopback	Server Upmix Send 2 (Lex E1)	
Local Line In 16			Videoton R	Local AES Out 13-14	TotalMix Loopback	Server Upmix Send 3 (Lex E2)	
				Local AES Out 15-16			
Local AES In 1-2	Madi 51-52		Server Ret LX480 Reverb	SB1-11		E8 Portal L	
Local AES In 3-4	Madi 53-54		Server Ret LX480 Delay	SB1-12		E8 Portal R	
Local AES In 5-6	Madi 55-56		Server Ret 7.0.2 LR	SB1-13		E8 BK L	
Local AES In 7-8	Madi 57-58		Server Ret 7.0.2 Side	SB1-14		E8 BK R	
Local AES In 9-10	Madi 59-60		Server Ret 7.0.2 Rear	SB1-15		Mon Maike	
Local AES In 11-12	Madi 61-62		Server Ret 7.0.2 Decke	SB1-16		Mon Tim	
Local AES In 13-14	Madi 63		Server Ret 7.0.2 C / -	SB1-17		BH L	
Local AES In 15-16			Videoton Hav	SB1-18		BH R	
				SB1-19			
				SB1-110			
				SB1-111			
				SB1-112		Mithör Feed	



## Anhang 5: IO-Liste Mülheim an der Ruhr

IO Forecast Oedipus Mühlheim				
Inputs			Outputs	
<b>Stagebox (SL über Madi Cat oder LWL)</b>				
Patch	Quelle	Input	Patch	Output
SB1-A1	Funk 1	MP 1 - Thomas	SB1-I1	Bühne Hinten L
SB1-A2	Funk 2	MP 2 - Therese	SB1-I2	Bühne Hinten R
SB1-A3	Funk 3	MP 3 - Sebastian	SB1-I3	Bühne Hinten Sub
SB1-A4	Funk 4	MP 4 - Michael	SB1-I4	SPARE
SB1-A5	Funk 5	MP 5 - Katharina	SB1-I5	Main PA Center
SB1-A6	Funk 6	MP 6 - Celina	SB1-I6	SPARE
SB1-A7	Funk 7	MP 7 - Marietta	SB1-I7	Mon Portal LRC
SB1-A8	Funk 8	MP 8 - Josephine	SB1-I8	SPARE
SB1-A9	Funk 9	MP 9 - Teresa	SB1-I9	Mon Gasse
SB1-A10	Funk 10	MP 10 - Jannik	SB1-I10	Mon Maike (Musikerin L)
SB1-A11	Funk 11	MP 11 - Valentin	SB1-I11	Mon Tim (Musiker R)
SB1-A12	Funk 12	MP 12 - Havarie	SB1-I12	Mithör Feed (Inspizient)
SB1-A13	Funk 13	HS 1 - Valentin		
SB1-A14	Funk 14	HS 2 - Teresa		
SB1-A15	Funk 15	HS 3 - Jannik		
SB1-A16	Funk 16	HS 6 - Havarie		
SB1-C1	Inst (Musikerin L)	SP-404 L		
SB1-C2	Inst (Musikerin L)	SP-404 R		
SB1-C3	Inst (Musikerin L)	MicroKorg XL L		
SB1-C4	Inst (Musikerin L)	MicroKorg XL R		
SB1-C5	Inst (Musikerin L)	SP-404 Hav L		
SB1-C6	Inst (Musikerin L)	SP-404 Hav R		
SB1-C7	KMS 105 (Musikerin L)	HS 4 - Meike		
SB1-C8				
SB1-C9	Inst (Musiker R)	MicroKorg S L		
SB1-C10	Inst (Musiker R)	MicroKorg S R		
SB1-C11	SM57+Ped (Musiker R)	Posaune		
SB1-C12	Beta 58 (Musiker R)	HS 5 - Tim		
SB1-C13	SM58 Switch (Publikum)	AS/HS Soufflage		
SB1-C14				
SB1-C15	MH Saal	Mithören L		
SB1-C16	MH Saal	Mithören R		
<b>Local Rack (FOH)</b>				
Patch	Quelle	Input	Patch	Output
Local Line In 1	PlayAudio12	Zsp BH L	Local Line Out 1	Main PAL
Local Line In 2	PlayAudio12	Zsp BH R	Local Line Out 2	Main PA R
Local Line In 3	PlayAudio12	Zsp Portal L	Local Line Out 3	Ground Sub
Local Line In 4	PlayAudio12	Zsp Portal R	Local Line Out 4	SPARE
Local Line In 5	PlayAudio12	Zsp Surround 1	Local Line Out 5	Main PA Center
Local Line In 6	PlayAudio12	Zsp Surround 2	Local Line Out 6	Sound to Light
Local Line In 7	PlayAudio12	Zsp Decke L	Local Line Out 7	Side Surround L 1
Local Line In 8	PlayAudio12	Zsp Decke R	Local Line Out 8	Side Surround R 2
Local Line In 9	PlayAudio12	Zsp FX Sub/Nomos	Local Line Out 9	Side Surround L 2
Local Line In 10	PlayAudio12	Zsp Mon	Local Line Out 10	Side Surround R 2
Local Line In 11	PlayAudio12	Zsp Hall L	Local Line Out 11	Side Surround L 3
Local Line In 12	PlayAudio12	Zsp Hall R	Local Line Out 12	Side Surround R 3
Local Line In 13	RME Video	Videoton	Local Line Out 13	Side Surround L 4
Local Line In 14	RME Video	Videoton Hav	Local Line Out 14	Side Surround R 4
Local Line In 15	Felix MBP	Minikl L	Local Line Out 15	Rear Surround L
Local Line In 16	Felix MBP	Minikl R	Local Line Out 16	Rear Surround R
Dante 1-2	GigPerformer	Server Ret LX480 Reverb	Dante 1-2	Server FX Send 1/2
Dante 3-4	GigPerformer	Server Ret LX480 Delay	Dante 3-4	Server FX Send 3 (stereo)
Dante 5-6	GigPerformer	Server Ret Front LR	Dante 5-6	Server Upmix Send 1 (Zsp)
Dante 7-8	Fletcher	Server Ret Side 1		
Dante 9-10	Fletcher	Server Ret Side 2		
Dante 11-12	Fletcher	Server Ret Side 3		
Dante 13-14	Fletcher	Server Ret Side 4		
Dante 15-16	Fletcher/GigPerformer	Server Ret Rear		