

Mehrkanalige Aufnahme und Postproduktion digitaler Konzertorgeln

Toningenieur-Projekt, PJ

Jan Ročnik BSc

Betreuung: Mag. Martin Rumori

Graz, Juli 2014



Institut für Kirchenmusik und Orgel

Zusammenfassung

Am Institut für Kirchenmusik und Orgel der Kunstuniversität Graz existiert seit 2012 eine digitale Konzertorgel. Den Ausgängen des Instruments können Register oder Hallkanäle frei zugeordnet werden, um ein 22-kanaliges Lautsprecherarray zu bespielen. Die vollständig digitale Klangerzeugung bietet die Möglichkeit, die Lautsprechersignale direkt abzugreifen und somit Orgelliteratur unabhängig vom realen Aufstellungsraum aufzunehmen. In der Postproduktion steht es offen, die aufgenommenen Kanäle neu anzuordnen sowie den Raum durch Hall und Ambience nach unabhängigen ästhetischen Kriterien zu formen. Diese Vielzahl sowohl an technischen als auch künstlerischen Optionen ruft nach Erarbeitung eines adäquaten Aufnahme- und Gestaltungskonzepts.

Das Lautsprecherarray ist ab Werk analog und unsymmetrisch an den Spieltisch angebunden. Ein Schwerpunkt der technischen Arbeit liegt daher auf dem geeigneten Abgriff der Signale an der Orgel und deren störungssicherer Übertragung zu den Verstärkern bzw. zum Aufnahmegerät, indem die Leitungsführung durch eine digitale Übertragung im MADI-Format ersetzt wird.

Das Projekt ist in vier Arbeitsphasen unterteilt: eine technische, die die Planung und Umsetzung der digitalen Signalübertragung umfasst, die Aufnahmen selbst, die Erschließung und Dokumentation der Klangverteilung im vorhandenen Wiedergabesystem (Zuordnung der Kanäle zu Lautsprechern) sowie deren systematische Transformation und Adaption in der Postproduktion.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	4
2	Digital Cage	5
3	Ausgangszustand	9
4	Neue Signalwege	10
5	Wiedergabe im Mumuth	13
6	Aufnahme	18
7	Postproduktion	21
8	Diskussion	23
A	Pinbelegungen	25
B	Kanal und Steckerzuordnung	26
C	Disposition der Rodgers Orgel	26

1 Einleitung

Die digitale Konzertorgel am Institut für Kirchenmusik und Orgel der Kunstuniversität Graz wurde 2012 von der Firma Rodgers¹ als Spezialanfertigung gebaut und sticht durch Besonderheiten, wie einen höhenverstellbaren Spieltisch und vieles mehr hervor. Institutsvorstand Gunther Rost beschreibt das damit verbundene Projekt wie folgt:

[...] we've tried to transfer the idea of the organ into the 21st century. Our goal is to empower a new generation of organists and composers to discover and develop new ways of seeing, playing and using the instrument in the future. [Ros13]

Der Gesamtidee zugrunde liegt auch der Versuch einer räumlichen Transportierbarkeit. So ist das Instrument vollkommen mobil aufgebaut, kann innerhalb weniger Stunden zerlegt, verpackt, transportiert und an anderer Stelle – beispielsweise in einem Aufführungsraum – wieder aufgebaut werden. Im Jahr 2014 kam es dabei zu zwei Produktionen, bei denen die Orgel ins Haus für Musik und Musiktheater (Mumuth) überstellt wurde. Im Kontext dieser Arbeitsphasen wurden die hier beschriebenen Erkenntnisse erlangt.

Im Mai kam es im Zusammenhang mit der Konzertreihe Organ@Mumuth zur Aufführung von Petr Ebens Faust als szenische Lesung (in Zusammenarbeit mit dem Institut für Schauspiel). In dieser Produktion war es möglich, erste Erkenntnisse über die technischen Eigenschaften, Aufnahmemöglichkeiten und deren Postproduktion zu sammeln.

Bei einer zweiten, als reine Forschungsproduktion geplanten Arbeitsphase im Juli wurde der Versuch unternommen, die Beschallung bei Live-Situationen zu verbessern sowie die erwähnten Aspekte aus der Faust-Produktion zu vertiefen. Dabei kamen Werke von Louis Vierne und Johann Sebastian Bach zur Aufführung.

Das Herzstück dieser digitalen Konzertorgel ist der so genannte *Digital Cage*, ein Rechner im Spieltisch, welcher die Signalgenerierung anhand der gegebenen Parameter (Stellung der Registerzüge, Schwellerposition, Tastenanschläge, ...) übernimmt. Dabei werden Samples von Pfeifen einer realen Orgel herangezogen, Windbewegungen simuliert und vordefinierte Raumeinstellungen angewendet. Trotz des hohen Rechenaufwandes ist der Prozess echtzeitfähig und der resultierende Klang, bei richtiger Beschallung, kaum noch von einer realen Orgel zu unterscheiden.

Die erste digitale Orgel der Firma Rodgers wurde bereits 1993 vorgestellt und arbeitete mit digitalen Signalprozessoren von Roland. Über den tatsächlichen Aufbau des Rechenwerkes im Inneren ist jedoch aus Gründen des Produktschutzes und der Irrelevanz für die meisten Endanwender wenig bekannt. Der physikalische Klang entsteht dabei erst an einem Lautsprecherarray, welches sich in beliebiger Entfernung zum Spieltisch befinden kann. Durch die digitale Klangerzeugung entsteht die Möglichkeit, verschiedene Signale unabhängig voneinander abzugreifen und so vom realen Aufstellungsraum für eine Aufnahme vollständig zu trennen. Damit ist die Orgel sowohl in ihrer wahrgenommenen physikalischen Größe als auch in dem mit ihr generierten Klang komplett auf verschiedene

¹www.rodgersinstruments.com

Orgelliteratur zum einen, sowie verschiedene Raumsituationen zum anderen, adaptierbar und gibt einen Blick auf neue Einsatzfelder und Aufnahmevarianten frei.

Viele Einstellungen der Orgel, aber auch Informationen, wie Anschläge, derzeitige Registrierung, usw. lassen sich per MIDI übertragen.

In der Postproduktion steht es offen, die aufgenommenen Kanäle neu anzuordnen sowie den Raum durch Hall und Ambience nach unabhängigen ästhetischen Kriterien zu formen. Denkbar ist auch die nachträgliche zeitliche Korrektur von Registrierungen oder Anschlägen durch Verwendung der MIDI Daten.

Die unglaubliche Vielfalt der Variablen verlangt nach ihrer Beherrschung, also nach einer Konzeption ihrer Verwaltung. Zuerst, um bestmögliches Rohmaterial zu erhalten und dieses einer Musikproduktion mit praktikablem Ergebnis zuzuführen. Sowie im Live-Betrieb die neuen Möglichkeiten auszureitzen. Dies betrifft in erster Linie die Flexibilität, die klangerzeugenden Komponenten in physikalischer Ausdehnung und Klang anzupassen.² Jeder Raum besitzt unterschiedliche akustische Eigenschaften, jedes Literatur verlangt nach der ihr zugeschriebenen Orgel. Die digitale Orgel kann auf diese sich ändernden Umstände eingehen, gerade für diese Zwecke wird es notwendig, Informationen über das Instrument und seine Eigenschaften zusammenzufassen, um eine rasche Adaptierung zu ermöglichen.

Auf den nachfolgenden Seiten werden, die in den vergangenen Monaten gewonnenen Erkenntnisse zusammengefasst und Anhaltspunkte für ein Aufstellungs- respektive Aufnahme-konzept beschrieben. Außerdem werden die dafür notwendig gewordenen Umbaumaßnahmen sowie weiteren Abänderungen gegenüber dem Standardinstrument dokumentiert.

2 Digital Cage

Die Rodgers-Orgel verfügt über fünf Werke. Diese tragen nach außen, zum Bediener hin, die französischen Bezeichnungen: *Grand Orgue*, *Positif*, *Récit*, *Solo*, *Pédale* (im folgenden als GO, PO, RE, SO, PE abgekürzt). Die interne Bezeichnung³ der Werke folgt dem Englischen als Great, Choir, Swell, Solo, Pedal. Die Disposition dieser ist dem Anhang C zu entnehmen.

Über ein Webinterface erreicht man ein Intonations-Werkzeug (Voicing-Tool), welches es erlaubt die Lautstärke pro Ton und Register innerhalb weniger Minuten an einen neuen Raum anzupassen.

Abbildung 1 ist der Dokumentation von Rodgers Instruments zur Orgel entnommen und zeigt den Signalfloss von der Signalerzeugung links zu den Ausgängen rechts.

Den Eingängen werden zwei unterschiedliche Bezeichnungen zugeordnet, zum einen die

²Auch wenn die Mobilität einen entscheidenden Unterschied zur klassischen Pfeifenorgel darstellt ist sie dennoch nicht auf die digitale Orgel beschränkt. Es existieren ebenso mobile Pfeifenorgeln, wenn bis jetzt auch nur sehr selten.

³Rodgers Dokumentation, tlw. Menüführung

interne Bezeichnung jedes Eingangs als *Audio Division*⁴, zum anderen der etwas greifbareren Bezeichnung als Swell, Choir, Great, Pedal und Assignable⁵. Diese zweiten Bezeichnungen sind vermutlich auf die Geschichte der Rodgers-Orgeln zurückzuführen, in der es eine fixe Zuordnung zwischen *Audio Division* und Werk gab.

Die Ausgänge werden intern als Swell, Choir, Great, Antiphonal, Assignable, Ambience und Subwoofer Output bezeichnet, tragen aber auch klassische Kanalnummern und sind teilweise an einem Stecker zusammengefasst, zur Verfügung. Jedes Werk wird einer *Audio Division*, also einer separaten Klangeinheit, zugeordnet. Innerhalb dieser *Audio Division* kann separiert Lautstärke und Balance für die Einheit angepasst werden.

Sowohl die internen Eingänge (Signalgenerierung) als auch Ausgänge sind immer Stereo-Paare.

Alle Eingänge sind außerdem einem *Antiphonal*-Bus, durch Festsetzen der *Channel Antiphonal Volume* in den *Division Audio Controls*, beimischbar.

Zusätzlich existiert ein AUX-Eingang, der jeder *Audio Division* beigemischt werden kann, sowie ein Main-Ausgang (in der Graphik als *Line Output* bezeichnet), der eine Stereosumme aller Signale bereitstellt.

Abweichend zur Graphik muss nun erwähnt werden, dass die Zuordnung jedes Registers zu den einzelnen *Audio Divisions* frei wählbar ist. Die Verknüpfung der Benennung als *Audio Division* mit dem Namen des Werkes ist also nicht sinnvoll. Jedes Werk kann durch Konfiguration einer beliebigen *Audio Division* zugeordnet werden. Die entsprechenden Vermerke auf der Abbildung sind also irreführend.⁶ Eine Nomenklatur im Sinne von *Audio Division* 1/2, 3/4, 5/6, 7/8, 9/10 erweist sich als zutreffender und wird in weiterer Folge hier verwendet. Gleiches gilt auch für die Ausgangskanäle, rechts im Bild. Swell Output, Choir Output und Great Output wird als Kanal 1/2, 3/4, 5/6 bezeichnet. Große Beachtung gilt dabei der festen Verbindung des Main-Ausgangs der *Audio Division* 7/8 mit der *Audio Division* 5/6! Die *Audio Division* 7/8 besitzt keinen eigenen Ausgangskanal. Die Folge ist der Zwang stets zwei der Werke auf der gleichen *Audio Division* auszugeben.

Im Grau hinterlegten mittleren Teil des Signalflussgraphen findet weitere Signalverarbeitung statt, die mit *Ambience generation, mode switching, front/rear Balance & test tones* bezeichnet wird. Allerdings konnte nicht genau bestimmt werden, welche Teile tatsächlich in diesem Block abgearbeitet werden. Anzumerken ist aber, dass sich der Signal-Rausch-Abstand nachführend signifikant verschlechtert. Diese Behauptung stützt sich auf die Beobachtung des Signal-Rausch-Abstandes bei Variation der einzelnen Lautstärke-Regler. Die Variation der *Division Audio Controls* brachte keine Änderung des Signal-Rauschabstandes mit sich, die Variation der *Master Volume* jedoch schon. Es ist daher ratsam die Gesamtlautstärke immer durch gleichmäßiges Anpassen der *Division Audio Controls* zu erhöhen.

⁴Der Begriff *Division* ist hier Doppeldeutig. Bezeichnet er in der deutschen Übersetzung das Orgelwerk so ist er in diesem Kontext als Audioeinheit zu verstehen.

⁵Assignable ist Platzhalter für ein ursprünglich spezifisch konfigurierbares Werk

⁶Es kann außerdem davon ausgegangen werden, dass in der Zeichnung Choir und Great verwechselt wurden. – Vgl. *Advances User Guide*, MIDI-Konfiguration nach Überprüfung der Signale.

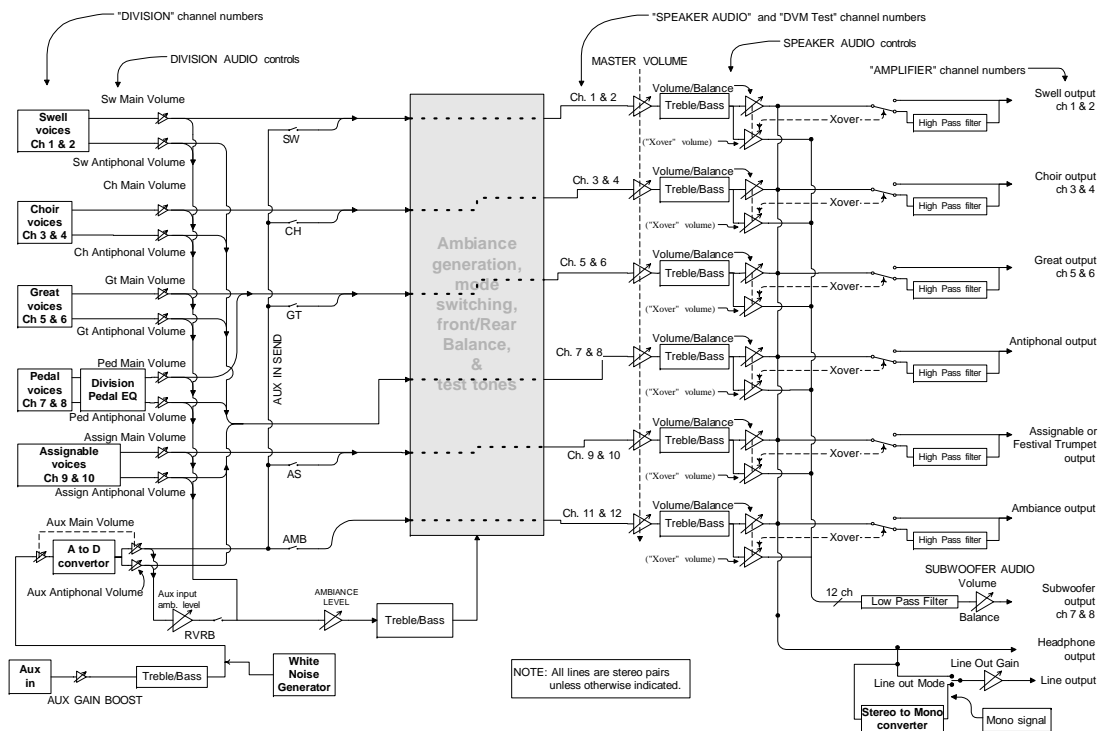


Abbildung 1: Signalfluss Digital Cage – Rodgers Orgel. Quelle: Rodgers Instruments

In der *Audio Division 7/8* wird ein als *Division Pedal EQ* bezeichneter Equalizer zur Verfügung gestellt. Dabei handelt es sich um einen realen Equalizer mit fix eingestellten Frequenzen. Der Sinn dieses Equalizers ist es, tiefe Frequenzanteile (vermutlich $<100\text{Hz}^7$) abzuschwächen oder zu verstärken. Der Pegelunterschied zwischen hohen und tiefen Frequenzanteilen kann über das Web-Interface konfiguriert werden.

Zur Gestaltung des Ambience-Signals stehen verschiedene Parameter zur Verfügung. Grundsätzlich besteht das Signal aus der Mischung aller *Audio Divisions*. Das Ambience-Signal selbst ist ein mehrheitlich diffuses Signal, das einen gewissen einstellbaren Raumeindruck vermittelt. Es kann jedoch mit der Klangqualität moderner Hallgeräte nicht mithalten. Standardmäßig sind vier Ausgangskanäle (vergleichbar mit vier Raumecken) vorgesehen, wobei nur zwei physikalische Ausgänge existieren. Diese können für ein hinteres Raumende verwendet werden. Wünscht man auch die Nutzung der Signale für die vorderen Raumenden, kann das Signal auf den Ausgang einer beliebigen *Audio Division* gelegt werden.

Der Großteil der Klangerzeugung wird vom MSP (Music Signal Prozessor) übernommen, welcher sich im ersten Slot des Digital Cage befindet und als eine Art Kontrolleinheit fungiert. Auf den so bezeichneten DVMs (Digital Voice Module) sind vermutlich die Samples selbst untergebracht. Dies geht aus verschiedenen Forenbeiträgen wie [jbi14] hervor. Am Ende der Signalkette im Digital Cage stehen die DCA (Digital Controlled Audio) Boards, auf welchen die orgelseitige Vorverstärkung stattfindet und die Basskanäle abgezweigt werden. Diese DCA Boards entsprechen dem in Abbildung 1 grau hinterlegtem Teil. Je

⁷Der genaue Wert geht aus der Dokumentation nicht hervor.

nach Disposition der Orgel stehen unterschiedlich viele DVM Module zur Verfügung. Da sich immer drei DVM Module ein DCA Board teilen, existieren bei vier oder mehr DVM Modulen auch mindestens zwei DCA Boards, deren Ausgänge durch Mode Switching wieder zusammengelegt werden können.

Mode Switching bezieht sich auf *Backplane Switches* - virtuelle Schalter, die über das Menü (bzw. Webinterface) erreichbar sind. Sie steuern die Signalführung von den DVM Modulen auf die DCA Boards. Die Orgel ist aktuell mit zwei DCA Boards ausgestattet. Diese befinden sich in Slot fünf und neun des Digital Cage. Für die Kanalpaare 1/2, 3/4, 5/6, 9/10, 11/12 (siehe dazu ebenfalls Abbildung 1) kommend von den DVM Modulen in Slot 2,3,4 für DCA1 bzw. 6,7,8 für DCA2 kann festgelegt werden, ob die Ausgabe am nachgeschalteten DCA direkt erfolgt, was zu zwei getrennten Ausgängen für dasselbe Werk pro DCA führt, oder die beiden Boards miteinander verbunden sind, was zu einem Ausgang pro Werk führt.

Das Bassmanagement der Orgel selbst ist existent, aber sehr einfach aufgebaut. Die Übernahmefrequenz für die Tieftonlautsprecher lässt sich nicht separat parametrieren; einzig einstellbar ist der Übernahmepegel (welcher in Abbildung 1 als *Xover* bezeichnet wird). Dieser Umschaltpegel führt zu einer harten Trennung, die besonders im Pedal deutlich wird. Dabei werden frequenzmäßig tiefe Register nicht mehr von den Breitbandlautsprechern wiedergegeben, sondern kommen nur noch durch die Tieftonlautsprecher zu Tage. Obwohl bei den meisten dieser Register Obertöne existieren würden, für die eine Wiedergabe aus den für das Pedal vorgesehenen Breitbandlautsprechern, aus Gründen der Lokalisierbarkeit unumgänglich wäre. (Die Lokalisierbarkeit dient hier als repräsentativer Hauptkritikpunkt. Ebenso schädlich ist dieses Verhalten für einen konstanten Maximalpegel über alle Pedalregister sowie klangliche Deutlichkeit. Weiters gilt auch das Problem der strikten Trennung der beiden DCAs. So kann eine gemeinsame Verarbeitung aller Sub-Signale nicht realisiert werden.) In Abschnitt 5.1 wird versucht, die Verwaltung der Subwoofer Kanäle aus dem Digital Cage abzuspalten und das Problem zu lösen.

Am Digital Cage stehen in der vorhandenen zwei DCA Konfiguration mindestens 14, maximal 28 Kanäle zur Verfügung:

- Output Channel 1/2
- Output Channel 3/4
- Output Channel 5/6
- Output Channel *Subwoofer Output*
- Output Channel *Antiphonal Output*
- Output Channel *Assignable Output*
- Output Channel *Ambience Output*

Je nach Stellung der *Backplane Switches* steht jedes Stereopaar also mindestens ein Mal, maximal zwei Mal zur Verfügung. (Für den Subwoofer Output (Stereo) existiert kein Backplane Switch; er ergibt sich im System daher immer zwei Mal.)

Die Ausgangskanäle 1-8 sind per DCA zu einem Stecker zusammengefasst, der die Bezeichnung des jeweiligen DCAs trägt. Für Antiphonal, Assignable und Ambience stehen separate Stecker zur Verfügung. Die Steckerbelegung kann dem Anhang A entnommen werden.

In Anhang B wird die aktuelle Konfiguration der Orgel, also die Zuordnung der Werke zu den *Audio Divisions*, respektive den Steckern deutlich. Sofern kein Durchschalten erfolgt ist, wird Signalen kommend von DCA1 ein A, Signalen kommend von DCA2 ein B, nachgestellt.

Das Werbinterface, über welches alle Konfigurationen zugänglich sind, erreicht man über die frontseitige RJ45-Buchse auf 192.168.1.2/24.

3 Ausgangszustand

Der Spieltisch, mit dem Digital Cage, bildet in Symbiose mit den Verstärkern und dem Lautsprecherarray ein elektronisches Instrument. Dieses Instrument lässt sich durch Betätigen einer Taste am Spieltisch ein-/ausschalten. Man kann die beteiligten Einheiten grob in zwei Gruppen aufteilen: den Spieltisch als klangerzeugende, sowie Verstärker und Lautsprecher als klangwiedergebende Komponente. Da diese beiden Gruppen in der Praxis mehrere Meter weit entfernt aufgebaut sind, muss das Einschaltsignal ebenfalls von einer Gruppe zur andern übertragen werden. Dabei handelt es sich um eine separate 12 V Leitung, welche in jedem Verbindungskabel vorhanden ist und im spannungsführenden Fall den jeweiligen Verstärker am anderen Ende aktiviert.

In der ursprünglichen Konfiguration, vor den in dieser Arbeit dokumentierten Umbaumaßnahmen, standen zur Wiedergabe 22 Kanäle zur Verfügung. Diese Kanäle waren den Ausgängen Swell, Choir, Great, Assignable und ambience (bzw. den Steckern DCA1, DCA2, AMB, ASS1, ASS2) zugeordnet. Es existieren fünf Verstärker (zwei Achtkanal Verstärker für DCA1, DCA2, drei Zweikanal Verstärker für AMB, ASS1, ASS2), welche in jeweils einem eigenen Case verbaut waren.

Der ursprüngliche Signalweg (vgl. Abb. 2) verlief aus dem Spieltisch der Orgel heraus direkt zu den Verstärkern des Lautsprecherarrays, wobei die Kanäle pro Verstärker zu einem Kabel zusammengefasst und auf diesem analog und unsymmetrisch übertragen wurden.

Durch die fixe Verbindung der *Audio Division 7/8* mit 5/6 wurde ursprünglich das Solo auf 5/6 gelegt, da es nur in geringer Konkurrenz zum Pedal steht. Solo und Pedal teilten sich also den weiteren Signalweg, zwei Verstärker und vier Lautsprecher. Durch Variation der Antiphonal Lautstärken (0 dB für *Audio Division 7/8* bzw. $-\infty$ dB⁸ für alle anderen) kann dieses Problem umgangen und der Antiphonal Ausgang für die *Audio Division 7/8* genutzt werden.

Die asymmetrische analoge Übertragung ist insbesondere über längere Distanzen, wie sie beispielsweise im Mumuth zurück gelegt werden müssen, sehr störanfällig gegen-

⁸Im Menü als *off* bezeichnet

über Einstreuungen, zudem auch aufwendig und teuer. Die Möglichkeit, ohne größeren Hardwareaufwand Mischungen oder Umkonfigurationen vorzunehmen, war durch die fixe Verkabelung ebenso wenig gegeben, wie eine Schnittstelle, um die Signale für die Aufnahme abzugreifen.

Für eine adäquate Abnahme der Signale sowie einer störungsfreien Übertragung vom Spieltisch zu den Verstärkern waren also Modifikationen im Signalweg notwendig. Messungen ergaben, dass am *Digital Cage* die Signale symmetrisch zur Verfügung stehen, auch wenn dies aus der Dokumentation nicht ersichtlich wird, und die Stecker am Cage auch keiner Norm folgen.

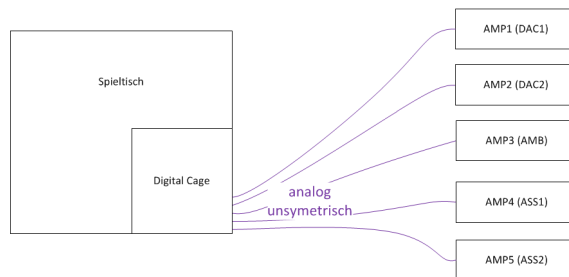


Abbildung 2: Signalweg vor dem Umbau

Ein weiterer Kritikpunkt, der für eine dringende Erneuerung der Verbindung sprach, waren die SUB-D Stecker an beiden Enden, bei denen weder auf Schirmung, noch Zugentlastung geachtet wurde und durch das häufige An- und Abstecken schon sehr in Mitleidenschaft gezogen waren.

4 Neue Signalwege

Die in Abschnitt 3 erwähnten Umstände, insbesondere die fehlende Möglichkeit zur Aufnahme, machten einen Umbau der Übertragungskette unausweichlich. Im Hinblick auf die verschiedenen, Anwendungsfälle (Konzerte, Unterricht, Aufnahmen) bot sich der Umbau auf eine digitale Übertragung an. Dieser Wechsel vermag es auch, die angesprochenen Probleme teilweise zu lösen.

Im Audiobereich gilt die MADl (Multi Channel Audio Digital Interface)-Schnittstelle als gebräuchlicher Standard, weswegen im Kern der Umrüstung der Umstieg auf diese Übertragungsart lag. Konkrete Ziele des Umbaus waren weiters:

- Neue symmetrische Signalführung zu den Umsetzern und damit Unterdrückung von Einstreuungen.
- Ersetzen der Stecker durch Standardverbinder (XLR bzw. Tascam-Norm) zur Erlangung von Kompatibilität
- Verringern des Material und Aufbauaufwandes, da nur mehr ein Kabel zwischen Orgel und Verstärkern notwendig wird (plus Steuerkabel, siehe dazu Abschnitt. 4.2).

- Schaffung eines direkten Signalabgriffs durch MADl.
- Vereinfachte Anbindung im Mumuth für Konzerte durch die dort ebenfalls vorhandene MADl Infrastruktur.
- Möglichkeit zum nachgeschalteten Processing und Erweiterungen, wie Matrizierung, Hall etc. wird ebenfalls durch MADl Übertragung geschaffen
- MIDI in MADl Embedding für Aufnahme, Steuerung und nachträgliches Editieren.

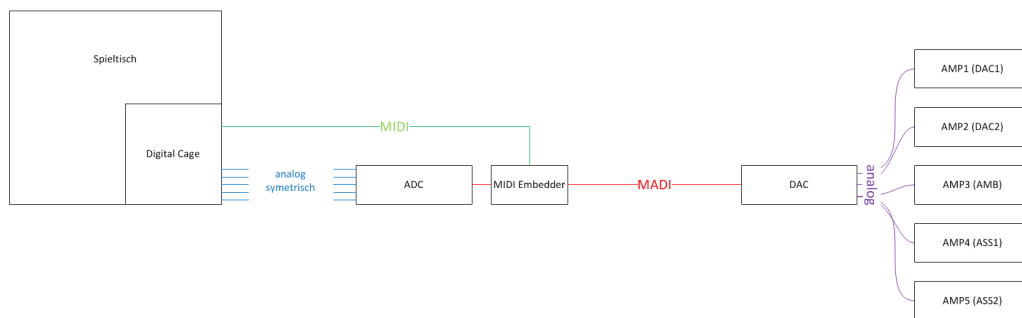


Abbildung 3: Neuer Signalweg zwischen Spieltisch und Lautsprechern

4.1 Produktwahl

Am Institut war ein RME M32-DA⁹ bereits vorhanden. Dieser Umsetzer ist in der Lage MIDI aus MADl zu extrahieren. Die Übertragung des MADl Signals kann optisch oder koaxial erfolgen. Zudem werden die Analog-Signale an einem genormten (TASCAM) 25-poligen Sub-D Stecker bereitgestellt.

Orgelseitig, also an der Stelle der Klangerzeugung, fiel die Wahl auf den DirectOut Andiamo 2¹⁰. Dieser Umsetzer ist deutlich günstiger als das Pendant von RME, hat jedoch keinen integrierten MIDI Embedder. Zur MIDI in MADl Integrierung dient die EXBOX.MIDICOM¹¹, ebenfalls von DirectOut.

Zusätzlich wurden neue symmetrische Kabel erstellt, um den Vorteil der symmetrischen Bereitstellung zu nutzen und mit dem Analog-Digital Umsetzer verbunden, welcher zusammen mit dem MIDI-Embedder direkt im Spieltisch verbaut wurde.

Auf der klangwiedergebenden Seite wurde ein neues Rollcase/Konsole konstruiert, die den fünf Verstärkern und dem Digital-Analog Umsetzer Platz bietet, was Signalwege nochmals verkürzt sowie den späteren Transport erleichtert.

⁹32 Kanal, Digital-Analog Umsetzer; www.rme-audio.de/products_m32da.php

¹⁰32 Kanal DA/AD Umsetzer; www.directout.eu/de/produkte/andiamo-2.html

¹¹MIDI in MADl embedder; www.directout.eu/de/produkte/exbox.midicom.html

4.2 Fernschaltung der Wiedergabeeinheiten

Durch den Umstieg auf MADi und den damit verbundenen Austausch der bestehenden Übertragungsleitungen muss auch eine neue Lösung für das ferngesteuerte Einschalten der, von der Orgel entfernten, Komponenten gefunden werden. Dabei handelt es sich nach wie vor um die Verstärker und nun zusätzlich noch um den Digital/Analog Umsetzer. Da MADi zum einen keine Möglichkeit bietet das existente Steuersignal zu übertragen sowie zum anderen das Steuersignal auch bei abgeschalteter MADi-Verbindung von Nöten ist, muss dieses in einer separaten Leitung geliefert werden.

Das Signal wird an der Orgel extrahiert, über eine genormte Steckverbindung (XLR, vierpolig um Verwechslungsfreiheit zu erlangen) bereitgestellt und übertragen. Auf der entfernten Verstärkerseite gelangt das Signal in eine Steuereinheit, in der eine Relaischaltung (vgl. Abbildung 4) dieses Signal aufteilt und den Verstärkern sowie dem Umsetzer zuführt.

Schwierigkeiten liegen hierbei in der Schaltreihenfolge. Die Eingänge der Verstärker dürfen (während des Betriebs) zu keinem Zeitpunkt unbeschalten sein. Da der Digital/Analog Umsetzer ca. zwei bis drei Sekunden Startzeit aufweist, ist es notwendig die Verstärker um diesen Zeitraum *einschaltverzögert* zu schalten. Umgekehrt besitzen die Verstärker sehr große Kapazitäten, welche sich erst nach ungefähr zehn stromlosen Sekunden vollständig entladen haben. Erst dann ist es möglich, von einem ausgeschalteten Zustand zu sprechen. Während dieses Entladevorgangs muss der Digital/Analog Umsetzer *ausschaltverzögert* werden, um so einen definierten Null-Pegel an den Verstärker Eingängen zu gewährleisten.

Wird eine dieser Bedingungen verletzt, kommt es zur Verstärkung von undefinierten Zuständen, welche sich als Knacksen äußern und zur Beschädigung der Lautsprecher führen können.

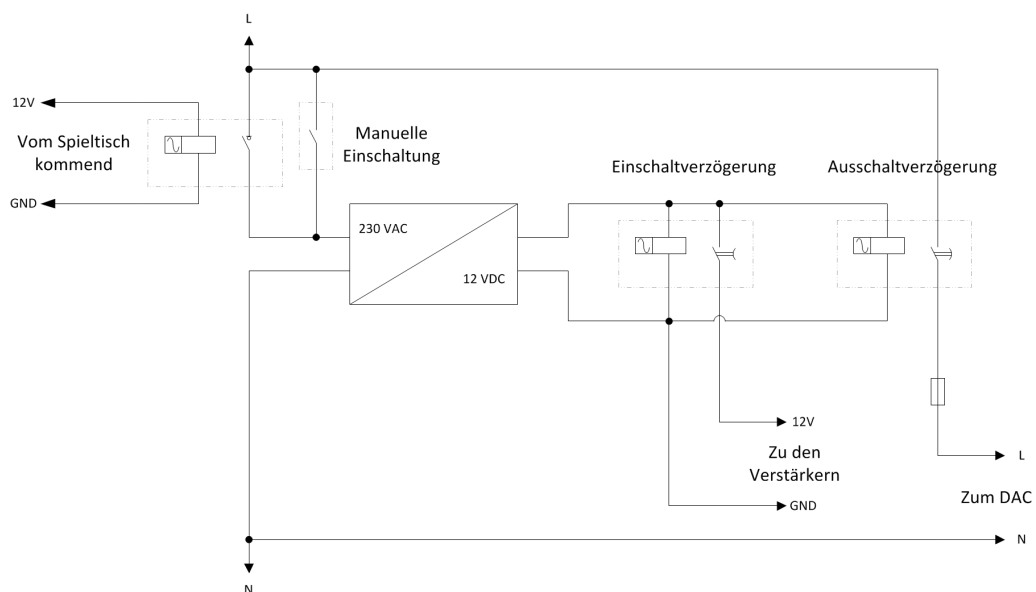


Abbildung 4: Schaltung des Umsetzers und der Verstärker

5 Wiedergabe im Mumuth

Die Bespielung der Orgel, also die Wiedergabe von Orgelliteratur, steht akustisch in erster Linie im Zusammenhang mit einer zweckmäßigen Aufstellung der vorhandenen sowie gegebenenfalls zusätzlicher Lautsprecher.

Durch die gegebenen Ausgangskanäle, welche das Gesamtaudiosignal bis auf Teile der einzelnen Orgelwerke herunterbrechen, wird es möglich, ein Instrument zu modellieren, welches in seinem Klangbild der wiederzugebende Literatur angepasst ist.

Nachfolgende Beschreibungen sind das Ergebnis der zweiten Produktion, der sechsten Symphonie von Louis Vierne. Dabei wurde versucht auch die digitale Orgel gemäß, der physikalischen Anordnung, der Werke einer Pfeifenorgel zu gestalten. Louis Vierne verstand die Grand Orgue als wichtigstes Orgelwerk, mit einem breitem Klang im Vordergrund. Auch das Pédal ist möglichst breit. Dahinter gestaffelt befindet sich das Positif und noch weiter dahinter gelegen, hoch emporragend, das Récit. Das Solo war ursprünglich nicht vorgesehen und dient in der Produktion als Verstärkung des Récits.

Experimente ergaben als zielführende Strategie, jedes Werk separat und nach seiner Bedeutung in der Gesamtkomposition zu betrachten. Neben einer räumlichen Staffelung ist die physikalische Ausdehnung in Höhe und Breite einer der wichtigsten Modellparameter, welcher auch durch die Ergänzung von Lautsprechern beeinflusst werden kann. Bezugnehmend auf den Aufbau, der rund um die Interpretation der entsprechenden Literatur steht, wurden die Werke in folgender Reihenfolge in einem ersten Schritt grob modelliert, das heißt, geeignete Positionen für Lautsprecher ausgewählt:

1. Grand Orgue
2. Positif
3. Récit und Solo
4. Pédal

Der komplette Aufbau erfolgte in der Mumuth Montagehalle, die sich somit quasi in ein Orgel Prospekt verwandelt. Der Raum *Montagehalle* wird als Ganzes zur sich permanent ändernden, virtuellen Schallquelle, die in den Saal abstrahlt. Abbildung 5 zeigt das Ergebnis dieser Modellierung.

Bei diesem ersten Aufbau nach der Umrüstung auf die digitale MADI-Übertragung der Orgel, konnten die daraus resultierenden Vorteile das erste Mal genutzt werden. Das Routing der Signale erfolgte vom Spieltisch heraus über die Mumuth-Infrastruktur (LAWO MADI Kreuzschiene) zu einem Rechner (MAC, RME-MADI Interface / Kreuzschiene) und, abermals über die Mumuth-Infrastruktur, weiter zum Wandler an der Lautsprecherseite, respektive zusätzlich über die LAWO MADI Kreuzschiene zu weiteren angebotenen Lautsprechern. Dabei wurde der zwischengeschaltete Rechner dazu verwendet, die Audiosignale der einzelnen Werke auf die entsprechenden Lautsprecher aufzuteilen,

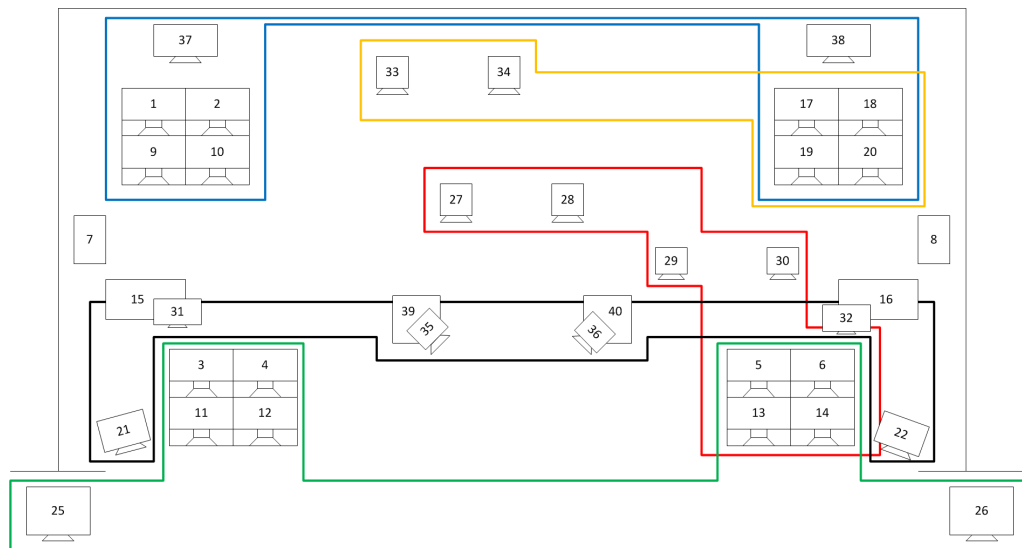


Abbildung 5: Räumliche Modellierung der Werke (Skizze). Grün: Grand Orgue, Rot: Positif, Blau: Récit, Orange: Solo, Schwarz: Pédal. Subwoofer nicht zugeordnet.

sowie ein Modell für ein besseres Bassmanagement implementiert, in dem die vom Digital Cage bereitgestellte Abzweigung der Subwoofer-Signale deaktiviert (Xover=off) und ebenfalls auf diesen zwischengeschalteten Rechner ausgelagert wurde. Dies schafft auch die Möglichkeit, verschiedene Übernahmefrequenzen für verschiedene Werke zu vergeben und geeignete Tiefton-Lautsprecher für die jeweilig resultierenden Basskanäle zu verwenden. In Kapitel 2 (Seite 8) wurde bereits das harte Umschalten zwischen den zwei Subwooferkanalpaaren angesprochen, welches auf diese Weise ebenfalls gelöst wurde.

Zusätzlich zu den 16 Rodgers Breitbandlautsprechern, 4 Rodgers Tieftönern und 2 Rodgers Breitband (Ambience) Lautsprechern kamen

- 2x Klipsch Breitbandbeschallungslautsprecher
- 4x Tannoy System 800 Studiolautsprecher
- 4x Kling & Freitag CA 1001 SP Breitbandlautsprecher
- 2x Kling & Freitag Tieftonlautsprecher
- 4x Meyer UPJ Breitbandbeschallungslautsprecher

zur Verwendung.

5.1 Eingangskanäle, Ausgangskanäle, Routing

Alle fünf Werke, Ambience und Main-Signal wurden auf die verfügbaren Ausgänge an der klangerzeugenden Seite, respektive den am Spieltisch verbauten Analog-Digital Umsetzer gelegt. Der *Audio Division 7/8* wurde der Antiphonal Bus exklusiv zugewiesen. Dem

darauf spielenden Werk (Pédal) steht also ebenfalls ein eigener Ausgang zur Verfügung. (Vgl. Kapitel 3 auf Seite 9). Es ergibt sich die in Tabelle 1 dargestellte Zuordnung der MADl-Kanäle für die Verbindung Spieltisch-MAC.

1	Récit A links	11	Grand Orgue B links	21	Ambience A links
2	Récit A rechts	12	Grand Orgue B rechts	22	Ambience A rechts
3	Grand Orgue A links	13	Positif B links	23	Ambience B links
4	Grand Orgue A rechts	14	Positif B rechts	24	Ambience B rechts
5	Positif A links	15		25	Pédale A links
6	Positif A rechts	16		26	Pédale A rechts
7		17	Solo A links	27	Pédale B links
8		18	Solo A rechts	28	Pédale B rechts
9	Récit B links	19	Solo B links	29	Main links
10	Récit B rechts	20	Solo B rechts	30	Main rechts

Tabelle 1: Zuordnung der Ausgangssignale zu MADl Kanälen, aus Spieltischsicht.

Der weitere Signalweg, vom Rechner ab, führt für alle Signale abermals über die Lawo Kreuzschiene der Mumuth-Infrastruktur zum Digital-Analog Umsetzer an der klangwiedergebenden Verstärkerseite. An diesen angeschlossen sind auf den ersten 22 Kanälen Rodgers-Verstärker und zugehörige Lautsprecher sowie an den Kanälen 25-32 weitere Lautsprecher mit eventuell benötigtem Verstärker. Die Kanäle 33-40 liegen nicht an diesem Umsetzer auf, sondern gelangen über die vorhandene Infrastruktur direkt, umgesetzt auf ein analog Signal, an eine Stagebox und in weiterer Folge ebenfalls an die dafür vorgesehenen Lautsprecher. Verdeutlichend gibt Tabelle 2 Auskunft über die MADl-Kanäle, welche den MAC verlassen und zu den Lautsprechern führen.

Das Routing im zwischengeschalteten MAC ist in Abbildung 6 dargestellt. Linkerseits sind die Orgel Signale (Tabelle 1) dargestellt, die Kopfseite zeigt die Weiterführung zu den Lautsprechern (Tabelle 2). In der Tabelle wurden die Werke zeilenweise sowie die Subwoofer-Kanäle spaltenweise zusammengefasst (Unterstützend dazu Abbildung 5 auf Seite 14 als Modellierungsergebnis).

5.2 Klangabstimmung

Nachdem der Orgelklang der einzelnen Werke im physikalischen Ausmaß adaptiert ist, kann damit begonnen werden, die Lautstärken untereinander abzustimmen. War die Zuteilung der Signale hier Aufgabe des zwischengeschalteten Rechners, erfolgt die Lautstärkenabstimmung der Werke zueinander direkt im Digital Cage, wahlweise vom Spieltisch oder vom Webinterface aus. Abbildung 1 auf Seite 7 zeigt den Signalfuss in der Orgel mit den einzelnen Komponenten, an denen eine Regulierung der Lautstärke möglich ist. Es ist nochmals anzumerken, dass das Grundrauschen der Orgel, insbesondere durch Anheben der *Mastervolume* verstärkt wird, ein Anheben der *Division Audio Control* bringt jedoch keinen Einfluss auf den Rauschpegel mit sich (Vgl. Kapitel 2 auf Seite 6). Durch in Abstimmung der *Division Audio Volume* untereinander lässt sich das Gesamtklangbild

RME-DA		21	Rodgers
Rodgers Amplifier		22	Breitbandlautsprecher
1		23	
2		24	
3	Rodgers	XLR Stecker an Console	
4	Breitbandlautsprecher	25	Klipsch
5		26	
6		27	Tanoy
7	Rodgers Tieftöner	28	
8	<i>klein</i>	29	Mayer
9		30	
10		31	Kling & Freytag
11	Rodgers	32	
12	Breitbandlautsprecher	Mumuth DA - Stagebox	
13		33	Tanoy
14		34	
15	Rodgers Tieftöner <i>groß</i>	35	Meyer
16		36	
17		37	Kling & Freytag
18	Rodgers	38	
19	Breitbandlautsprecher	39	Kling & Freytag
20		40	Tieftöner

Tabelle 2: Zuordnung der Lautsprecher zu MADl Kanälen, aus MAC Sicht.

modellieren. Zusätzlich kann nun für das Pedal ein geeigneter Equalizer Level gefunden werden.

Aus Abbildung 6 wird auch das Routing der Subwoofer-Kanäle deutlich. Die kleineren Rodgers Tieftonlautsprecher (Kanal 7/8) zeigen sich für die Orgelwerke *Récit* und *Solo* verantwortlich; die größeren Rodgers Tieftonlautsprecher (Kanal 15/16) werden von den Orgelwerken *Grand Orgue*, *Positif* sowie *Pedal* bespielt; wobei dem *Pedal* auch die *Kling & Freytag* Tieftöner (Kanal 39/40) zur Verfügung stehen. Allen gemeinsam ist ein dem Ausgang vorgeschalteter Tiefpassfilter erster Ordnung.

Kanal 7/8: Übernahmefrequenz: 120 Hz
 Kanal 15/16: Übernahmefrequenz: 100 Hz
 Kanal 39/40: Übernahmefrequenz: 120 Hz

Auch das Raumklang-Konzept wurde überarbeitet und an das Mumuth angepasst. Dazu kamen die im Saal verbauten Pantographen (E1, E4, 8, 14, 19, 20, 24-26) zum Einsatz. Diese geben das orgeleigene *Ambience Signal* wieder, zusätzlich aber auch den *Main-Mix* der Orgel, welcher durch die Ausrichtung der Lautsprecher, entgegen der Hörrichtung, die notwendige *Diffusität* erhält. Abbildung 7 skizziert zweidimensional die Pantographenpositionen und ihre Verwendung.

	1	2	3	4	5	6	9	10	11	12	13	14	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	7	8	15	16	39	40				
RE A L	x						x																																					
RE B L		x						x																																				
RE A R																																												
RE B R																																												
GO A L																																												
GO B L																																												
GO A R																																												
GO B R																																												
PO A L																																												
PO B L																																												
PO A R																																												
PO B R																																												
SO A L																																												
SO B L																																												
SO A R																																												
SO B R																																												
PE A L																																												
PE B L																																												
PE A R																																												
PE B R																																												
AMB A L																																												
AMB A R																																												
AMB B L																																												
AMB B R																																												
Main L																																												
Main R																																												

Abbildung 6: RME Kreuzschiene im MAC. Achtung: Kanäle sortiert.

Durch das Abspielen des Main-Signals auch im hinteren Teil des Raumes wird der Hörer nun deutlicher vom Orgelklang eingehüllt. War die Montagehalle zuerst subjektiv betrachtet die virtuelle Schallquelle der Orgel wird nun das Gefühl vermittelt, enger mit ihr verbunden zu sein. Man glaubt auch im Publikumsraum zum Teil in der Orgel zu stehen. Dennoch muss auf die Präzision und Lokalisierbarkeit der Montagehalle als Instrument nicht verzichtet werden. Das von der Orgel generierte Ambience Signal ließe sich per Webinterface noch frei parametrieren, jedoch sind Änderungen kaum merkbar.

Der Saal des Mumuths verfügt außerdem über ein elektronisches Raumakustik System (Meyer Constellation¹²). Über drei Mikrofonreihen entlang des Saales wird das Schallfeld aufgenommen, verarbeitet und über Lautsprecher an den Saalwänden wiedergegeben. Zur Gestaltung der Raumakustik wurde das Preset *Cathedral* modelliert. Mit den vorhandenen Mitteln wurde die Nachhallzeit über die Frequenz unterschiedlich gestaltet, wobei tiefen Frequenzen eine kurze (zwei bis drei Sekunden), hohen Frequenzen eine lange Nachhallzeit (bis vier Sekunden) verliehen wurde.

Steht der Spieltisch mit seinem Rücken zu den Lautsprechern, wirkt der Aufbau mit dem Notenpult in Folge, vor allem für hohe Frequenzen, stark abschattend. Die schnellere Reaktionsfähigkeit der digitalen Orgel gegenüber klassischen Pfeifenorgeln macht es zur möglichen Notwendigkeit, den Organisten mit einem Monitoring auszustatten. In einem ersten Versuch wurde dafür das Main-Signal herangezogen. Da das Main-Signal aber nicht das tatsächlich auf die Aufnahme, respektive das Publikum wirkende Schallfeld wiedergibt, öffnet sich auch hier ein weiterer Forschungsgegenstand.

¹²<http://www.meyersound.com/product/constellation>

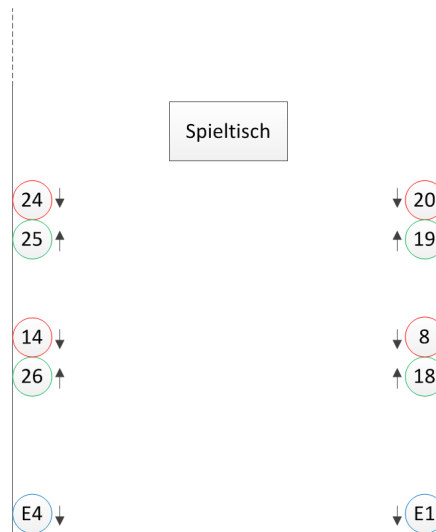


Abbildung 7: Ambience Verteilung: Rot: Main, Blau: Ambience, Grün: Main und Ambience. Pfeil nach oben: Lautsprecher hochgefahren, in die Kuppel gerichtet. Pfeil nach unten: Lautsprecher heruntergefahren, gegen die Wand gerichtet.

6 Aufnahme

Die Aufnahme der Audiosignale bringt die klassischen Problemstellungen wie Schnitttechnik etc. mit sich, dabei gibt es keine orgelspezifischen Besonderheiten. Das auferlegte End-Ziel bleibt nach wie vor die Verarbeitung der Direkt-Signale, nun via MAD1 kommend vom Spieltisch, und damit verbunden die Aufnahme, unabhängig vom Aufstellungsraum der Orgel. Dennoch wurden bei verschiedenen Gelegenheiten im Mumuth auch diverse Mikrofonierungsarten ausgetestet, auf die Ergebnisse der Mikrofonaufnahmen sowie deren Aufstellung soll in diesem Kapitel näher eingegangen werden.

Neben der Aufnahme, der Audiosignale bietet die Orgel, wie eingangs erwähnt, auch die Möglichkeit Registrierung, Tastenanschläge, uvm. per MIDI abzugreifen. Dieser Abgriff gestaltete sich jedoch schwieriger als anfangs erwartet.

6.1 Hauptmikrofonierung

Für alle Hauptmikrofonierungstechniken gilt es, die Orgel zuvor so einzurichten, als dass das Klangbild an der Mikrofonierung ausgewogen, vor allem aber auch nicht zu laut ist. Bei der Verwendung von vielen Lautsprechern gelangt man schnell in einem Lautstärkebereich, welcher in der Lage ist, die Orgel besonders voluminös zu modellieren, mit welchem das Ohr selbst aber in Überforderung gerät¹³. Aus diesem Grund hat sich besonders beim Abhören der Mikrofonensignale gezeigt, dass eine Aufzeichnung zu gelungeneren Ergebnissen führt, wenn der Dynamikbereich als Ganzes ausgenutzt wird, und die Mikrofone so weit in den Raum rücken, als dass sie auch in der Lage sind, möglichst

¹³Dynamik >60dB, Vgl. Mithörschwelle, Überdeckungseffekt

viel vom Raum und den feinen Klangstrukturen in ihm mitzunehmen.

AB: Eine AB-Mikrofonierung liefert das subjektiv betrachtet beste Aufnahmeergebnis. Betrachtet man die physikalischen Ausmaße, wäre die Lautsprecheranordnung vergleichbar mit einem Orchester. Im gegebenen Fall handelt es sich um den Unterschied aber um ein einzelnes großes Instrument, was wahrscheinlich den entscheidenden Unterschied ausmacht, um zu saubereren Ergebnissen zu gelangen. Groß-AB mit einer Mikrofonbasis von ungefähr vier Metern ist hierbei hervorzuheben. Größere Basen sind nicht mehr zielführend.

ORTF: Um den benötigten Aufnahmewinkel erreichen zu können, muss das Mikrofon weit¹⁴ vom Mittelpunkt der Lautsprecher entfernt aufgebaut werden. Durch die Nieren-Charakteristik kommt es zu einer Abschwächung. Daraus resultiert ein hoher Verstärkungsfaktor, welcher in einem qualitativ höheren Grundrauschpegel mündet, als es bei anderen Methoden der Hauptmikrofonierung der Fall wäre. Insbesondere während Mezzo-Forte Passagen zeichnet sich jedoch ein wohltuenderes, aber bedingt durch die Entfernung nicht mehr sehr präzises Klangbild ab.

Schöps Kunstkopf: Wie zu erwarten, erhält man beim Abhören mit Kopfhörern das beste Ergebnis. Eine Aufhängung direkt über dem Spieltisch, wie sie verwendet wurde, würde sich bei weiteren Aufnahmen oder sogar Aufführungen als Monitoring eignen.

AB Raumklang: Als Raumklang haben sich sowohl bei den Aufnahmen zu Faust im Mai, als auch zu Vierne im Juli, zwei Kugeln nach circa zwei Dritteln des Raumes und im Abstand von vier Metern zu den Außenwänden als überaus brauchbar erwiesen.

6.2 Stützen

Je nach Anordnung und Literatur kann es durchaus praktikabel sein, einzelne Werke zu stützen. Pegel und somit Verhältnismäßigkeiten der einzelnen Werke lassen sich anfangs zwar gut regeln, jedoch steht diese Möglichkeit während der Darbietung nicht mehr zur Verfügung. Durch die Abstrahlcharakteristika der einzelnen Lautsprecher öffnet sich aber auch ein enger Diskurs zwischen Übersprechen und brauchbarem Ergebnis. Für die Stützmikrofone kamen aufgrund der Ausmaße der Lautsprecheranordnungen (z.B. vier Lautsprecher auf einem Stativ) nur Kugel-Charakteristiken in Betracht. In den meisten Fällen geben die Stützen aber ein zu vermisches Klangbild wieder und sind daher nur bedingt verwendbar.

6.3 MIDI-Aufnahme

Über die MIDI-Schnittstelle lassen sich verschiedene Parameter der Orgel aufzeichnen und steuern. Die Orgel stellt dafür mehrere MIDI-Ports zur Verfügung. Auf den mit *SEQ*

¹⁴In dieser Produktion: ca. 15m von der Lautsprecheranordnung

OUT bzw. *SEQ IN* betitelten Anschlüsse sendet bzw. empfängt die Orgel auf mehreren MIDI-Kanälen, getrennt nach Werk, Spielinformationen. Die Zuordnung der *Audio Divisions* zu den MIDI-Kanälen ist Tabelle 3 zu entnehmen. Die Information der über die Manuale betätigten Tasten kommt zugeordnet zu den jeweiligen Werken (unabhängig von Koppeln) auf diesen MIDI-Kanälen als Note on/off Information an.

<i>Audio Division</i>	MIDI Channel
1/2	13
3/4	12
5/6	15
7/8	14
9/10	16

Tabelle 3: Zuordnung der *Audio Divisions* zu den MIDI-Kanälen. Quelle: Rodgers-Instruments, Advanced User Guide

Weitere relevante Informationen für die Aufnahme sind die Registrierungsinformation, welche per **SysEx** Kommando übertragen wird sowie die Schweller Position, inkludiert in der **MstrVolume**. Im Webinterface kann die Übertragung näher konfiguriert werden, außerdem ist dort auch einstellbar, ob und auch auf welche ankommende MIDI-Kommandos reagiert wird.

Die Anbindung an Nuendo ist bereits durch das Einfügen einer MIDI-Spur erledigt. Zusätzlich sollte im *Transport Menu* unter dem Punkt *Project Synchronization Setup* der Parameter *MIDI Clock Out* sowie *Trigger external Devices* gesetzt werden. Wenn dies geschehen ist, sendet die Orgel ihre derzeitige Registrierung, sobald die Aufnahme gestartet wird.

Trotz dieser ersten Informationen, die dem *Advanced User Guide* entspringen, bleibt MIDI aufgrund von großen Problemen, welche zum Zeitpunkt der Aufnahme aus Zeitgründen nicht behoben werden konnten, ein rückgestelltes Kapitel. Probleme waren:

Timing Das Timing der einzelnen Kanäle lässt auf eine Überlastung des MIDI-Buses schließen. Wird die Aufnahme gestartet, dauert es circa zwei Sekunden bis die Orgel die Registrierungsinformation übermittelt; zuvor können jedoch bereits Note-On/Off Ereignisse auftreten.

Abtastung Die Abtastung der Schweller ist für die Verwendung mit MIDI unzureichend. Zwar wären die 127-Schritte ausreichend, jedoch reißt die Information über den derzeitigen Zustand immer wieder ab. So kommt es vor, dass die Schwellerposition von einem Moment auf den anderen auf ein Minimum absinkt und sich erst nach ungefähr einer Sekunde wieder korrigiert.

Steuerung der Orgel Während die Orgel mit Nuendo verbunden war, reagierte die Orgel immer wieder auf Steuersignale unbestimmten Ursprungs. Auch ohne jegliche Konfiguration in Nuendo, den Ausgang betreffend, kam es immer wieder vor, dass die Orgel auf Ereignisse reagierte. Auch hier betraf dies die Schweller Position. Abermals konnte der Ursprung nicht ermittelt werden.

Aufgrund dieser Probleme wurde auch auf eine genauere Erschließung von MIDI für Aufnahmezwecke aufs Erste verzichtet.

7 Postproduktion

In der Postproduktion wurde der Versuch unternommen, Aufnahmen der Orgel zu einer repräsentativen Mischung zu verarbeiten, mit dem Ziel, alleine die Orgel-Direktsignale zu verwenden, wie sie vom Digital Cage bereitgestellt werden. Hintergedanke hierbei ist es, die Signale besser kennenzulernen und damit neue Möglichkeiten auszuloten, aber vor allem auch ohne einem *perfekten* Aufstellungsort zu ansehnlichen Produktionsergebnissen zu gelangen und so auch Aufnahmen an beliebigen Orten zu ermöglichen.

Zur Verwendung kamen hierbei Aufnahmen, die im Rahmen von Organ@Mumuth im Mai 2014 gemacht wurden. Das Werk war Faust von Petr Eben. Aufgenommen wurde mit Nuendo in der Version 6. Zu diesem Zeitpunkt waren die genauen Einstellmöglichkeiten im Digital Cage noch unbekannt. Heraus kamen die in Abschnitt 3 erwähnten 22 Spuren. Da bei diesen Aufnahmen das interne Bassmanagement aktiv war, sind hier auch die Kanäle 7/8, sowie 15/16, entsprechend der Tabelle im Anhang B, enthalten. Das damalige Routing beinhaltete auch noch keine Antiphonal Kanäle. So enthalten die Kanäle 17/18 und 19/20 sowohl Pédal, als auch Solo Signal. (Siehe dazu Abschnitt 2, Abbildung 1)

7.1 Schnitte

Auch wenn sich bei der digitalen Orgel der Vorteil einstellt, bei Wiederholungen annähernd gleiche Pegel zu erhalten, ist es für den Organisten selbst dennoch schwierig, exakt das gleiche Tempo zu bewahren sowie allgemein eine geeignete Stelle für einen Schnitt zu finden. (Im besten Fall Zero-Crossing auf allen Kanälen.) Schnitte über alle 22 Direkt-Signalspuren sollten daher vermieden werden.

7.2 Panorama

Was in Abschnitt 5 rund um die klangliche Modellierung, im Sinne der Formung des Schallfelds in Anlehnung an ein physikalisch reales Prospekt, ausführlich behandelt wurde, überträgt sich auf die Postproduktion als Panoramisierung der Stereopaare. Der Panorama Regler in Nuendo bietet eine Einstellung von L (L90...L10) über C bis R (R10...R90) an, wobei L einer reinen Ausgabe am linken Kanal und C einer gleichverteilten Ausgabe am linken als auch am rechten Kanal entspricht. Nachfolgende Aufstellung zeigt die Panoramaeinstellungen, die basierend auf der damaligen Lautsprecheraufstellung im Orgelsaal in der Bürgergasse gewählt wurden.

Grand Orgue:	Linker Kanal: L80, Rechter Kanal: L20
Positif:	Linker Kanal: L50, Rechter Kanal: R10

Récit: Linker Kanal: L10, Rechter Kanal: R50
 Solo, Pédal: Linker Kanal: R20, Rechter Kanal: R80
 Subwoofer: Linker Kanal: L10, Rechter Kanal: R10

7.3 Delays

Als zusätzliches Mittel der räumlichen Differenzierbarkeit wurden Positif und Récit um 30ms gegenüber den anderen Signalen verzögert, was einer Entfernung von 10m gleichkommt. Dadurch soll geholfen werden, zu räumlicher Tiefe zu gelangen.

Zusätzliche Delays wurden eingefügt, um eine Art Laufzeitstereophonie dem Panorama zu ergänzen. Zugrunde liegt abermals die physikalische Aufstellung der Lautsprecher am Installationsort (Faust Aufführung im Mumuth). Es werden zwei Reihen modelliert, wobei die weiter entfernte enger, also kürzer ist. Der Laufzeitunterschied zwischen links/rechts in der ersten Reihe wird mit 20ms veranschlagt, der Laufzeitunterschied zwischen links/rechts in der zweiten Reihe mit 10ms plus einem Aufschlag von 30ms für die größere Entfernung (ca. 10m). Entsprechend dieser Überlegung ergeben sich, für die einzelnen Signale, Delays wie in Tabelle 4 dargestellt.

GO A L	0ms	PO A L	30ms	RE A L	40ms	SO,PE A L	20ms
GO A R	20ms	PO A R	40ms	RE A R	30ms	SO,PE A R	0ms
GO B L	0ms	PO B L	30ms	RE B L	40ms	SO,PE B L	20ms
GO B R	20ms	PO B R	40ms	RE B R	30ms	SO,PE B R	0ms

Tabelle 4: Delayzeiten für die einzelnen Orgelsignale.

Durch die teils etwas übertriebenen, Verzögerungen kommt es zu Phasenverschiebungen und das resultierende Ausgangssignal verliert zum Teil an Monokompatibilität, wie im Stereobild ersichtlich wird. Das weite Öffnen kann durchaus als verschmiert betrachtet werden und ist als eingesetztes Mittel, die Orgel natürlicher klingen zu lassen, durchaus erwünscht.

7.4 Raum und Hall

Der Raum ist das entscheidende Element, um das Ergebnis möglichst natürlich klingen zu lassen. Ziel ist es, einen möglichst realen Raum zu erschaffen, aber dennoch nichts an Präzision einzubüßen. Dies stellt sich vorerst als schwierigste Anforderung heraus. Verschiedene Ansätze wurden dabei verfolgt. Darunter wurde auch die Verwendung eines separaten Hallkanals für jedes Werk oder für jeweils zwei Werke zusammengefasst erwogen, um so ein differentielles Raumgefühl zu vermitteln. Es stellte sich heraus, dass mehr Hallkanäle nur bedingt zur Verbesserung des Raumgefühls beitragen und nicht in Relation zu Aufwand / Rechenleistung stehen. Letztendlich wurde darauf zurückgegriffen, einen Halleffektkanal für alle Werke zu verwenden. Dieses Konzept wurde mit noch einem zusätzlichen Halleffektkanal erweitert, welchem ein Tiefpassfilter vorgeschaltet ist, um den tiefen Frequenzen eine zusätzliche Größe zu verleihen.

Im Detail ergibt das einen Hallkanal für alle Werke mit einer Nachhallzeit von 6s (Pre-delay: 20ms, Diffusanteil 20%) und einen Hallkanal mit vorgeschaltetem Tiefpassfilter bei 300Hz mit einer Nachhallzeit von 4s (Pre-delay 0ms, Diffusanteil: 50%).

Die Brillanz der Direktsignale wird dem künstlichen Raum zum Verhängnis und wirkt weitestgehend zu sauber. Durch Einfügen einer minimalen Rauschquelle, die verhallt und zum Ambience Signal beigefügt wird, kann versucht werden, diesen Umstand zu umgehen. In der Tat wirkt das Ergebnis realer, es bleibt aber die Frage ob ein Addieren vom Rauschen tatsächlich erwünscht ist. In der endgültigen Mischung wurde die Rauschquelle daher entfernt.

8 Diskussion

Die Arbeit stellt viel mehr eine Momentaufnahme der aktuellen Forschung dar, als sie versucht Endergebnisse zu liefern. So nahm das Projekt bis zur Niederschrift kein Ende und immer neue Erkenntnisse flossen mit ein und werden sich auch noch in nächster Zeit auftun. Durch den stetigen Forschungsprozess entstand auch der Sprung zwischen Abschnitt 5 und 7. Der Abschnitt 7 (Postproduktion) sollte sich eigentlich auf die in Abschnitt 5 (Wiedergabe) erhaltenen Aufnahmen beziehen. Aufgrund des zeitlichen Ablaufs und der erfahrenen signifikanten Änderungen bezieht sich die Wiedergabe auf die aktuellere Produktion vom Juli. Die im Juli erhaltenen Aufnahmen sind durch die aktuelle Ausgangsbelegung und Aufteilung der Werke umfangreicher und würden auch das Endergebnis beeinflussen. Die Bearbeitungsschritte und Merkmale blieben aber dieselben.

In der Postproduktion wurde viel experimentiert, auch entgegen allgemeiner Richtlinien der Tonstudientechnik, so wurde die Stereokompatibilität beim Einfügen von Delays vernachlässigt. Dadurch mögliche Auslöschungen sind aber nicht ungewollt, um die Aufnahme etwas zu *verschmutzen*. Viel Zeit wurde auch damit verbracht, verschiedene Wege der Raummodellierung auszuloten (Abschnitt 7.4), mit dem ernüchternden Ergebnis, dass es für ein so komplexes Instrument, wie es die Orgel darstellt, unter den zur Verfügung stehenden Mitteln¹⁵, nur sehr bedingt möglich ist, einen nicht vorhandenen Raum natürlich und glaubhaft nachzubilden.

Insgesamt standen zwei beschreibende Schlagwörter am Beginn des Projekts: *steril* und *unerforscht*.

Die meisten Personen, insbesondere Organisten selbst, empfanden den Orgelklang im Ergebnis der ersten Produktion (Faust) zu steril, also unnatürlich. Ein Umstand, der am Digitalen und hier an der digitalen Orgel im speziellen nagt, sind jahrelange Hörgewohnheiten und Charakterisierungen. Was dem Hörer besonders fehlt, sind meistens ungewollte Artefakte wie sie von physikalischen Räumen, der inperfekten Bauweise der Orgel usw. erzeugt werden. Vgl. [Rum11]. An diesem Umstand wurde viel gearbeitet. Insbesondere in Hinblick auf die Live-Situation konnten große Verbesserungen, zwischen den Aufstellungen erzielt werden. So konnte die Produktion im Juli bereits einige anfängliche Zweifler überzeugen.

¹⁵Reine Software - Nuendo 6

Die Dokumentation der Orgel selbst fällt eher dürftig aus und geht, aus zum Teil verständlichen Gründen (Produktschutz, Einsatzzweck), auf keine technischen Details genauer ein. Auch gibt es für die Einsatzgebiete, abseits der klassischen Gemeindekirchenorgel, keine Erfahrungswerte für digitale Orgeln, auf die man rückgreifen könnte. Nun, am Ende des Projekts, zeigt sich ein respektabler Zwischenstand an Dokumentation und Erfahrungswerten.

Die beiden Schlagwörter konnten durchaus zerlegt werden und eröffneten einen interessanten Forschungsprozess, der rund um das Thema der digitalen Orgel viele neue Wege des Gestaltens eröffnet.

A Pinbelegungen

A.1 Digital Cage - Main Channels

Connector Name: DCA1, DCA2
 Connector Type: Sub-D 25-pole female
 Channel Numbers: 1-8, 9-16

Pin	Description
1	Channel 1 +
2	Channel 1 -
3	GND
4	Channel 3 +
5	Channel 3 -
6	GND
7	Channel 5 +
8	Channel 5 -
9	GND
10	Channel 7 +
11	Channel 7 -
12	GND
13	Active*
14	GND
15	Channel 2 +
16	Channel 2 -
17	GND
18	Channel 4 +
19	Channel 4 -
20	GND
21	Channel 6 +
22	Channel 6 -
23	GND
24	Channel 8 +
25	Channel 8 -

* Schaltsignal für Verstärker.

A.2 Digital Cage - Additional Channels

Connector Name: AMB1, ASS1, ASS2
 Connector Type: Sub-D 9-pole female
 Channel Numbers: 17-18, 19-20, 21-22

Pin	Description
1	GND
2	Channel A +
3	Channel B +
4	Channel A -
5	Channel B -
6	GND
7	Active*
8	
9	GND

* Schaltsignal für Verstärker.

B Kanal und Steckerzuordnung

Nachfolgende Tabelle zeigt die Werk-Kanalzuordnung sowie die Kanal-Steckerzuordnung zum 24. Oktober 2014.

Das Pédal ist durch zur Gänze auf die Antiphonal Kanäle geroutet. Der Backplane Switch betreffend die Ambience Kanäle ist geschlossen, ebenso der Backplane Switch betreffend die Antiphonal Kanäle.

Connector	Channel	Description
DCA1	1	Récit A Left
	2	Récit A Right
	3	Grand Orgue A Left
	4	Grand Orgue A Right
	5	Positif A Left
	6	Positif A Right
	7	Sub 7.5 A Left
	8	Sub 7.5 A Right
DCA2	9	Récit B Left
	10	Récit B Right
	11	Grand Orgue B Left
	12	Grand Orgue B Right
	13	Positif B Left
	14	Positif B Right
	15	Sub 18 B Left
	16	Sub 18 B Right
ASS1	17	Solo A Left
	18	Solo A Right
ASS2	19	Solo B Left
	20	Solo B Right
AMB1	21	Ambience Left
	22	Ambience Right
ANT1	23	Pédale Left
	24	Pédale Right

Tabelle 5: Aktuelle Kanalbelegung und Steckerzuordnung

C Disposition der Rodgers Orgel

Pédale: Basse 64', Basse 32', Bombarde 32', Principal 16', Contrebasse 16', Soubasse 16', Dulciane 16', Montre 8', Flûte 8', Bourdon 8', Violoncelle 8', Octave 4', Flûte 4', Octave 2', Flûte 2', Fourniture IV, Bombarde 16', Basson 16', Trompette 8', Clairon 4'

Récit: Bourdon 16', Violone 16', Diapason 8', Bourdon 8', Flûte harmonique 8', Gambe 8', Voix céleste 8', Dulciane 4', Octave 4', Flûte traversière 4', Nazard 2 2/3', Octavin 2', Tierce 1 3/5', Piccolo 1', Plein jeu IV, Cymbale III, Bombarde 16', Trompette 8', Hautbois 8', Voix humaine 8', Clairon 4'

Positif: Violon basse 16', Montre 8', Flûte harmonique 8', Cor de nuit 8', Salicional 8', Principal 4', Flûte d'amour 4', Nazard 2 2/3', Doublette 2', Flûte 2', Tierce 1 3/5', Fourniture V, Cymbale IV, Bombarde 16', Trompette 8', Clarinette 8', Clairon 4'

Grand Orgue: Montre 16', Gambe 16', Bourdon 16', Montre 8', Principal 8', Flûte harmonique 8', Bourdon 8', Gambe 8', Octave 4', Flûte 4', Salicional 4', Quinte 2 2/3', Doublette 2', Flûte 2', Tierce 1 3/5', Cornet V, Fourniture VII, Cymbale V, Bombarde 16', Trompette 8', Clairon 4'

Solo: Clavecin, Voix céleste II 16', Violon céleste II 8', Voix 8', Flûte 8', Flûte 4', Cornet V, Cor anglais 8', Hautbois 8', Chamade 16', Chamade 8', Trompette 8', Clairon 4'

Literatur

- [jbi14] jbird604. (2014, Jan.) Future of roddgers. [Online]. Available: <http://www.organforum.com/forums/showthread.php?19517-Future-of-Rodgers/page9>
- [Ros13] G. Rost, "Music in motion," *International Arts Manager*, 2013.
- [Rum11] M. Rumori, "Instruktion und instrument. musik und klang im digitalen zeitalter," *Neue Zeitschrift für Musik*, 2011.