



Bachelorarbeit

Chirotron

Entwicklung und künstlerische Anwendung eines
digitalen Musikinstruments

Erstkorrektor: Prof. Dr. Paulo Ferreira-Lopes

Zweitkorrektor: Prof. Dr. Thomas A. Troge

von

Matthias Schneiderbanger

matthias.schneiderbanger@gmail.com

Matrikelnr.: 10843

Brauerstr. 19, 76137 Karlsruhe

9. September 2011

Erklärung

Hiermit versichere ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe, dass alle Stellen der Arbeit, die wörtlich oder sinngemäß aus anderen Quellen übernommen wurden, als solche kenntlich gemacht sind und dass die Arbeit in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner Prüfungsbehörde vorgelegt wurde.

Karlsruhe, den 9. September 2011

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Digitale Musikinstrumente	2
2.1	Einführung	2
2.2	Gesten	3
2.3	Gesten-Controller	5
2.4	Physical Computing	6
2.4.1	I-CubeX	7
2.4.2	Arduino	7
3	Der Gesten-Controller Chirotron	9
3.1	Überblick	9
3.2	Funktionen	10
3.2.1	„Faust“	10
3.2.2	Schalter	11
3.2.3	Zusatzgesten	11
3.3	Kollaboration mit dem „Sensor-table“	12
3.3.1	Sensor-table	12
3.3.2	Interaktion	13
3.3.3	Performance Konzept	14
4	Spatialisierung	15
4.1	Geschichte	15
4.2	Gestengesteuerte Spatialisierung	17
4.2.1	Jaques Poullins <i>potentiomètre d'espace</i>	17
4.2.2	Gestengesteuerte Spatialisierung im digitalen Zeitalter	19
4.3	Ambisonics	20

5	Das „Floating Space“ System	23
5.1	Eingesetzte Programme	23
5.1.1	Max/MSP	24
	Erweiterungen	25
5.1.2	SuperCollider	26
5.1.3	JackOSX	27
5.2	Klangerzeugung	27
5.2.1	Architektur der Audiosignalerzeugung	28
5.2.2	Effekt-Möglichkeiten am Sensor-table	29
5.3	Spatialisierung	29
5.3.1	Steuerung im Raum	30
5.3.2	Greifen	32
	„next2chiro“	33
	„last active“	34
5.3.3	Verräumlichungseffekte	34
	Luftabsorbktion	34
	Dopplereffekt	35
5.3.4	Kuppelflug	36
5.3.5	Stereofassung	37
5.4	Monitoranzeige	38
6	Das Stück „Floating Points“	41
7	Schlussbemerkung	43
	Quellenverzeichnis	44

1 Einleitung

Die Hardwareentwicklung des Datenhandschuhs *Chirotron* war bereits in der Seminararbeit *Chirotron: Entwicklung eines Datenhandschuhs zur Verwendung im musikalischen Kontext* des Autors Gegenstand der Betrachtung. In der vorliegenden Bachelorarbeit ist der Fokus auf die künstlerische Umsetzung und Anwendung gerichtet, wenn ein solcher Controller bereits vorliegt.

Die Arbeit gibt zunächst einen Überblick über die Thematik der digitalen Musikinstrumente. Auch erwähnt werden die Mikrocontroller-Plattformen I-CubeX und Arduino, die das Physical Computing, und somit die Entwicklung solcher Instrumente überhaupt erst einer breiten Masse zugänglich machten.

In Kapitel 3 werden das Chirotron und dessen Funktionen als Gesten-Controller präsentiert. Auch die Kollaboration mit Michael Vierling und seinem entwickelten digitalen Musikinstrument Sensor-table wird erläutert und das gemeinsame Konzept vorgestellt.

Der aus dem Konzept hervorgegangene Anwendungsbereich des Chirotron ist die gestengesteuerte Verräumlichung von Klängen. Daher wird in Kapitel 4 das Thema der Spatialisierung im Allgemeinen und der gestengesteuerten Spatialisierung im Speziellen behandelt.

Kapitel 5 beschreibt die Realisierung des gemeinsam entwickelten Floating Space, ein System zum Zusammenspiel beider Instrumente, die dadurch technisch in hohem Maße miteinander verbunden sind. Es bildet das Kernstück, sowohl aus kollaborativer Hinsicht als auch bezogen auf die künstlerische Anwendung des Chirotron, da erst in diesem System der Gesten-Controller zum eigentlichen Instrument wird.

Kapitel 6 stellt das damit entstandene Stück Floating Points vor und beschreibt einige ästhetische Aspekte, die bei der Arbeit mit dem Floating Space System eine Rolle gespielt haben.

2 Digitale Musikinstrumente

2.1 Einführung

Der Musikinstrumentenbau war bis zur Nutzbarmachung der Elektrizität gegen Ende des 19. Jahrhunderts immer auf die natürlichen akustischen Eigenschaften der entwickelten Systeme beschränkt gewesen. Mit der Elektrizität entstanden zu Beginn des 20. Jahrhunderts elektronische Musikinstrumente wie das Theremin (1920), das Ondes Martenot (1928) oder das Trautonium (1930), die eine Loslösung dieses Prinzips mit sich brachten.¹

Der physikalische oder mechanische Zusammenhang zwischen Benutzung eines digitalen Musikinstruments und den resultierenden Klängen ist nicht mehr gegeben. Die Zuordnung von Geste und Klang ist dem Entwickler freigestellt. Neben diesem wichtigen Unterschied verglichen mit traditionellen Instrumenten, gibt es auch neue Schwierigkeiten zu bewältigen: Fast alle traditionellen Instrumente geben dem Spie-

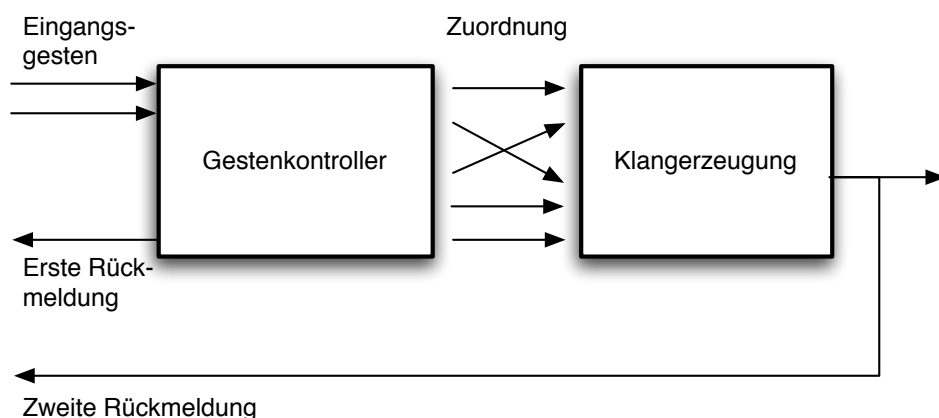


Abbildung 2.1: Das Modell des *digital musical instrument* nach M. Wanderley

¹Vgl. E. Miranda, M. Wanderley, *New Digital Musical Instruments: Control and Interaction beyond the Keyboard*, 2006, S. 2, im Folgenden zitiert als: Miranda, Wanderley 2006.

ler fühlbare Rückmeldungen über seine Ausführung. Der Griff am Gitarrenhals kann beispielsweise schon Auskunft darüber geben, ob die Hand richtig positioniert ist, Blasinstrumente schwingen für den Spieler erlebbar mit, etc.

Diese *erste Rückmeldung* (siehe auch Abbildung 2.1 auf Seite 2) fehlt bei den meisten digitalen Musikinstrumenten, da auch die Klangwiedergabe in der Regel nicht mehr direkt am Instrument stattfindet, sondern aus Lautsprechern erklingt, die vom Instrument selbst getrennt sind. Ein anschauliches Beispiel dafür ist das Theremin, das als Rückmeldung für den Spieler nur den Klang aus den Lautsprechern bietet (in Wanderleys Modell auch *zweite Rückmeldung* genannt), da kein fühlbarer Kontakt zwischen Spieler und Instrument herrscht. Diese Entkoppelung kann zu unerwünschten akustischen Ergebnissen führen, da vor dem Klang keine Erfahrbarkeit, kein haptisches Feedback, für den Spieler existiert, um sein Spiel zu evaluieren. Oft ist es daher ratsam, auf ein Beobachtungssystem zurückzugreifen, um sich selbst kontrollieren zu können, und diese *erste Rückmeldung* aus den traditionellen Instrumenten auf diese Weise zu simulieren.

2.2 Gesten

Die Entwicklung eines digitalen Musikinstruments beginnt zunächst mit der Analyse der Gesten, die verwendet werden sollen. Claude Cadoz benutzt den Begriff der *instrumentalen Geste*, um alle Arten von Gesten zu beschreiben, die in direktem Zusammenhang mit der Erzeugung des Klanges stehen. Marcelo M. Wanderley beschreibt diesen Begriff folgendermaßen:

”[The instrumental gesture] is [...] characterized as follows: it is applied to a concrete (material) object with which there is physical interaction, and specific (physical) phenomena are produced during a physical interaction whose forms and dynamics can be mastered by the subject.“²

Demgegenüber sind die ergänzenden Gesten gestellt, die keinen direkten Einfluss auf den Klang haben, aber den Ausdruck des Spielers verstärken können.³

²Miranda, Wanderley 2006, S. 10.

³Ebda.

Gerade diese Gesten verdienen bei der Konzeption digitaler Musikinstrumente besondere Beachtung, da mit heutigen Technologien selbst Gesichtsausdrücke oder Muskelspannungen als weitere Parameter benutzt werden können und sich damit wieder in instrumentale Gesten verwandeln.

Sind die gewünschten Gesten herausgearbeitet, geht es im nächsten Schritt um die Erkennung derselben, um die Information digital aufzubereiten und somit die musikalische Umsetzung vornehmen zu können. Wanderley unterscheidet zwischen drei unterschiedlichen Arten der Erkennung bei Gesten: *direkte*, *indirekte* und *physiologische* Erfassung.

Die *direkte Erfassung* basiert auf der Benutzung von Sensoren, deren Ausgabe-werte grundsätzliche physikalische Informationen über einzelne Aktionen des Spielers beinhalten. Diese Eigenschaften basieren hauptsächlich auf Druck, Bewegung oder Beschleunigung. Bert Bongers beschreibt die Eigenschaft von Sensoren sehr treffend:

„Sensors are the sense organs of a machine. Sensors convert physical energy (from the outside world) into electricity (into the machine world).“⁴

Die *indirekte Erfassung* basiert auf der Analyse des akustischen Materials, und den Schlüssen, die daraus wieder auf Gesten gezogen werden können. Dieser Bereich kann auch bei der Interpretationsforschung eine Rolle spielen, gerade wenn nur noch Audioaufnahmen als verwertbare Quellen verfügbar sind.

Die *physiologische Erfassung* bezieht sich auf die Erkennung von Signalen mit-hilfe von *biosignal interfaces*.⁵ Diese Signale werden durch Elektromyografie (EMG), die Methode zur Messung der elektrischen Muskel-Aktivität, Elektroenzephalografie (EEG), die Methode zur Erfassung der elektrischen Aktivität des Gehirns oder der *elektrodermalen Aktivität*, einer Methode, die Leitfähigkeit der Haut zu messen, die jede physiologische Erregung, wie sie bei emotionalen Reaktionen (z.B. Stress) auftritt, erfasst.

⁴B. Bongers, Physical Interfaces in the Electronic Arts Interaction Theory and Interfacing Techniques for Real-Time Performance, in: *Trends in Gestural Control of Music*, hrsg. von M. Wanderley und M. Battier, Paris 2000; zit. nach Miranda, Wanderley 2006, S.12f.

⁵Vgl. Miranda, Wanderley 2006, S. 14.

Im folgenden wird der Fokus auf die direkte Erfassung gerichtet, und dabei verschiedene Kategorien von Controllern vorgestellt, mit deren Hilfe die Gesten erfasst werden können.

2.3 Gesten-Controller

Neue Arten von Controllern in der elektronischen Musik haben seit den 1980er Jahren eine starke Zunahme erlebt. Zum einen entstand in dieser Zeit das MIDI-Protokoll und zum anderen hatte die bezahlbare Rechenleistung der Computer ein ausreichendes Niveau erreicht, um sie einer breiteren Schicht an Personen zugänglich zu machen.

Eine der zahlreichen Methoden Controller zu unterscheiden, besteht darin, den Vergleich mit akustischen Instrumenten zu ziehen und die Nähe beziehungsweise Distanz zu jenen als Gradmesser zu verwenden.⁶ Grob können damit vier unterschiedliche Kategorien definiert werden, wobei die Grenzen natürlich fließend sind, aber dennoch helfen, ein Verständnis für die große Bandbreite an möglichen Gesten-Controllern zu bekommen.

1. Die erste Kategorie beschreibt akustische Instrumente, die mithilfe von Sensoren erweitert werden. Hier behält das akustische Instrument seine ursprünglichen Funktionen, erweitert aber gleichzeitig die Ausdrucksmöglichkeit durch die Sensoren massiv, da in diesem Fall jede erdenkliche elektronische Beeinflussung des Klanges angesteuert werden kann.

2. Die zweite Kategorie bezieht sich auf solche Controller, deren Aussehen herkömmlichen Instrumenten nachempfunden ist, und welche auch versuchen, das Klangbild dieser Instrumente möglichst naturgetreu zu reproduzieren. Dazu gehören alle Arten von Elektronischen Pianos wie Stagepianos und Keyboards für den Heimgebrauch. Hier wird sowohl vom Aussehen des Controllers als auch vom Klang das Original (mal mit mehr, mal mit weniger Erfolg) imitiert.

3. Zur dritten Kategorie werden die Gesten-Controller gezählt, die zwar von akustischen Instrumenten inspiriert sind, diese aber nicht nachzubilden versuchen.

⁶Vgl. Miranda, Wanderley 2006, S. 19f.

Der Vorteil bei dieser Art ist oft, dass die Spielweisen sich nicht selten noch an traditionelle Instrumente anlehnen und der Interpret dadurch nicht von Grund auf neue Spieltechniken erlernen muss, um das Instrument zu bedienen. Instrumente wie die VideoHarp von Dean Rubine und Paul McAvinney zählen auch zu dieser Kategorie. Dieses Instrument verwendet Neonlicht und lichtempfindliche Speicherzellen, um Fingerpositionen sowie weitere Gesten zu erkennen, und ist – wie der Name schon suggeriert – optisch an eine Harfe angelehnt.⁷

4. Die vierte Kategorie bildet schließlich die Varianten von Controllern, die kein offensichtliches Vorbild mehr in existierenden Instrumenten besitzen. Das in Kapitel 3 (ab S. 9) vorgestellte digitale Musikinstrument Chirotron zählt beispielsweise auch dazu. Um die ganze Breite dieser letzten Kategorie erfassen zu können, müsste man weitere Kategorisierungen vornehmen, wie Art der Interaktion, das Verhältnis zwischen Körper und Interface, etc.

2.4 Physical Computing

„Physical Computing ist die Verbindung von physikalischen Systemen mit Software und Hardware zu einem interaktiven Ganzen.“⁸

Physical Computing ist somit die technische Grundlage für die Entwicklung von digitalen Musikinstrumenten. Im Folgenden werden aus diesem Bereich die zwei Mikrocontroller-Plattformen *I-CubeX* und *Arduino* vorgestellt, die gerade auch bei der Entwicklung digitaler Musikinstrumente eine Rolle spiel(t)en. Auch wenn das I-CubeX System nach wie vor existiert und von Künstlern und Musikern genutzt wird, wurde es in der Zwischenzeit nach Einschätzung des Autors doch weitestgehend durch das neuere Arduino System im Bereich der Entwicklung interaktiver Systeme im künstlerischen Bereich abgelöst. Trotzdem ist es gerade aufgrund der historischen Betrachtung lohnenswert, sich auch mit dem I-CubeX System näher zu beschäftigen.

⁷Vgl. Miranda, Wanderley 2006, S. 27.

⁸M. Odendahl, J. Finn, A. Wagner, *Arduino - Physical Computing für Bastler, Designer und Geeks*, 2. Auflage, Köln 2010, S. 31, im Folgenden zitiert als: Odendahl 2010.

2.4.1 I-CubeX

Das I-Cube Projekt wurde von Axel Mulder entwickelt und 1995 erstmals vorgestellt.⁹ Dabei handelt es sich um ein eingebundenes Mikrocontroller-System, das ein simples Verbindungsfeld mit Steckplätzen für Sensoren bietet, die über den sogenannten *digitizer*, einem Mikrocontroller, an den Computer angeschlossen werden können. Dazu wird eine spezielle Software zur Verfügung gestellt, die einem die Weiterverarbeitung der Daten über das MIDI-Protokoll ermöglicht. Diese Art der Herangehensweise klammert das Wissen um elektronische Schaltkreise, ebenso wie die dazugehörige Auseinandersetzung mit Lötkolben etc. in größtem Maße aus: Der Benutzer muss nur noch die Funktion der einzelnen Sensoren kennen, sie an das Verbindungsfeld anschließen und anschließend im Computerprogramm den benutzten Sensortyp auswählen.

Was zunächst sehr praktisch klingt, zeigt in der kommerzialisierten Version¹⁰ dieses Systems seine Schwächen: Der Benutzer ist auf die speziell präparierten Sensoren des Herstellers angewiesen, um die Kompatibilität mit dem Verbindungsfeld zu garantieren. Auch bleibt die Auflösung aufgrund der Benutzung des MIDI-Protokolls beschränkt, und ist in Zeiten von Kommunikation via OSC technisch überholt. Trotzdem war das I-CubeX System für viele Musiker der erste Kontakt mit dem Bereich des Physical Computing und den daraus resultierenden Möglichkeiten für die Weiterentwicklung von Musikinstrumenten und anderen interaktiven Systemen.

2.4.2 Arduino

Die Idee für das Arduino-Projekt entstand 2005 am Interaction Design Institute Ivrea (IDII) in Italien, einer ehemaligen Hochschule für Gestaltung. Bis zu diesem Zeitpunkt war es für Studenten aus den künstlerischen Bereichen kaum realisierbar, die Möglichkeiten von Mikrocontroller-Plattformen für ihre Arbeiten zu nutzen, da diese bis dahin noch nicht preiswert genug waren.¹¹ Daher wurde am IDII ein eigenes Design für ein solches Board zusammen mit einer eigenen Programmiersprache

⁹A. Mulder, The I-Cube System: moving towards sensor technology for artists, in: *ISEA Proceedings*, 1995.

¹⁰<http://infusionsystems.com/>

¹¹Vgl. Odendahl 2010, S. 2f.

entwickelt, deren Grundideen auf Processing zurückgeht, „wobei sie keine Variante von Java ist, sondern vielmehr auf C++ basiert“.¹²

Da das komplette Design unter einer Creative-Commons-Lizenz¹³ veröffentlicht wurde, fand es sehr schnell Verbreitung und lebt bis heute von einer sehr aktiven Community.

Im Gegensatz zu dem I-CubeX System kann also das Arduino Board vom Anwender frei programmiert werden, und auch die Auswahl der Sensoren ist nur durch physikalische Begrenzungen wie Spannung limitiert und nicht durch die Art des Anschlusses. Durch die Möglichkeit der eigenen Programmierung des Mikrocontrollers ist es kein Problem das OSC-Protokoll zu implementieren oder sogar individuelle Kommunikationsarten zu entwickeln.

Es gibt zwar im Gegensatz zu I-CubeX keine offizielle Arduino-Software, die die Daten der Sensoren schon fertig verarbeitet am Computer entgegennimmt, aber durch die bereits erwähnte sehr aktive Netzgemeinde findet man viele fertige Beispiele, die einem die gewünschten Funktionalitäten bieten.¹⁴

¹²Odendahl 2010, S. 5.

¹³Auch das Hardwaredesign für das Arduino ist bei Namensnennung des Rechteinhabers frei verfügbar. Lediglich der Name *Arduino* ist als Marke eingetragen worden (Odendahl 2010, S. 3).

¹⁴Wie auch zu sehen bei dem Maxuino Projekt zur Anbindung der Arduino-Plattform an Max/MSP (<http://www.maxuino.org/>).

3 Der Gesten-Controller Chirotron

3.1 Überblick

Das Chirotron ist ein vom Autor entwickelter Datenhandschuh, der 2009 im Seminar *Sonic Arts* bei Prof. Ferreira-Lopes entstanden ist. Dieser Datenhandschuh zählt zur Gruppe der Controller, die kein Vorbild in der klassischen Welt der Instrumente besitzen (siehe auch Kapitel 2.3 auf Seite 5). Weiterhin kann es als *immersive controller* klassifiziert werden. Diese Controller definieren sich darüber, dass sie die Bewegungsfreiheit bei der Benutzung des Instruments so gut wie nicht einschränken. Der Spieler befindet sich immer mit seiner Hand in direktem Kontakt zum Instrument.¹

Der Handschuh besitzt drei Drucksensoren an Zeige-, Mittel- und Ringfinger, zwei Flexsensoren an den Fingerrücken von Zeige- und Mittelfinger, und einen dreiachsigen Beschleunigungssensor am Handballen. Alle Sensoren sind an einer Arduino-Mega Platine angeschlossen, auf der ein speziell für den Controller geschriebenes Programm läuft.

Dieses Programm kommuniziert über ein eigenes Protokoll via USB mit dem in Max/MSP entwickelten *chirotron2osc*-Programm. Dieses Programm wurde bereits in einer Seminararbeit des Autors behandelt² und stellt die Gesten-Input Ebene dar, die von J. Schacher wie gefolgt beschrieben wird:

„the *Gesture Input Layer* inputs the information coming from the devices through their drivers and the respective software interfaces in the host software [...]. They are preconditioned, normalized and named according to a

¹Vgl. Miranda, Wanderley 2006, S. 43.

²Vgl. M. Schneiderbanger, *Chirotron. Entwicklung eines Datenhandschuhs zur Verwendung im musikalischen Kontext*, Seminararbeit Hochschule für Musik Karlsruhe 2011, S. 10.

namespace using the OSC-syntax.“³

Das *chirotron2osc*-Programm wandelt die ankommenden Daten nicht nur in OSC-Nachrichten um, sondern kann auch entsprechend skalierte MIDI-Werte erzeugen, um beispielsweise kommerzielle Musiksequenzer anzusteuern.⁴

Durch dieses Programm ist es nun möglich, weitere Programme mit Anbindung an eine dieser Schnittstellen zu entwickeln, die aus der Interpretation der Werte und entsprechenden Zuordnung an musikalische Parameter jeglicher Art den Controller auf vielfältige Weise einsetzbar machen und damit das Chirotron erst in das eigentliche Musikinstrument verwandeln.

3.2 Funktionen

Im folgenden Abschnitt wird die *Zuordnungsebene* beschrieben, bei der die diskreten Daten zu einer allgemeineren Abbildung übersetzt werden. Hier können auch ausdrucksstärkere, semantische Aussagen aus den Daten formuliert werden, um sie dann sinnvoll weiterzuverwenden.⁵

3.2.1 „Faust“

Eine wirkliche Faust lässt sich nur unzureichend mithilfe von zwei Biegesensoren an Zeige- und Mittelfinger erkennen. Da für eine solche Handhaltung aber keine weiteren verwertbaren Daten vom Chirotron zur Verfügung stehen, ist dies auch nur als Annäherung zu verstehen, die sich in der Praxis bewährt hat.

Wie bereits erwähnt und auf Abbildung 3.1 auf Seite 11 auch zu erkennen, werden dafür die Daten der beiden Flexsensoren verwendet. Sobald beide gleichzeitig gewisse Schwellwerte unterschritten haben, wird ein Schalter aktiviert, der über die OSC-

³J. Schacher, *Gesture Control of Sounds in 3D Space*, in: *Proceedings of the 2007 Conference on New Interfaces for Musical Expression*, New York 2007, S. 359, im Folgenden zitiert als: Schacher 2007.

⁴Vgl. P. Ferreira-Lopes, M. Schneiderbanger, M. Vierling, *Sensor-table and Chirotron. Two Digital Musical Instruments for Collaborative Performance*, in: *Music and Sonic Art (MuSA). Symposium Proceedings 2011*, Tecumseh (Ontario) 2011, S. 33, im Folgenden zitiert als: Ferreira-Lopes, Schneiderbanger, Vierling 2011.

⁵Vgl. Schacher 2007, S. 359.

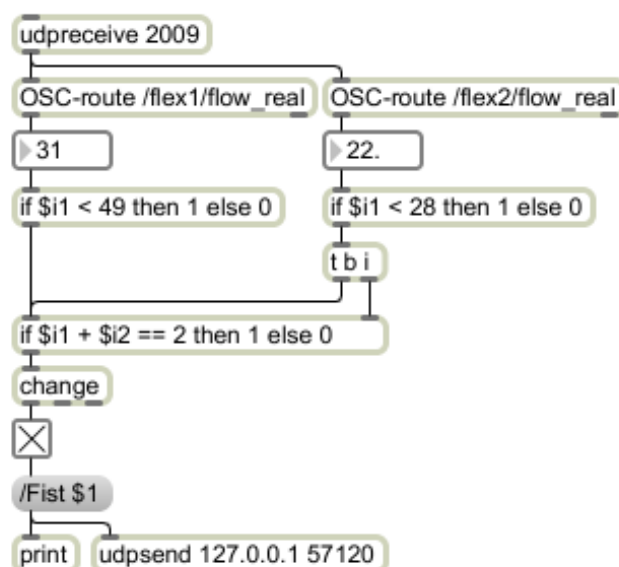


Abbildung 3.1: Patch zur Erkennung der Faust in Max/MSP

Adresse `/Fist` eine Nachricht versendet, ob die Hand gerade zur Faust geballt oder wieder losgelassen wurde.

3.2.2 Schalter

Die Schalterfunktion ist bereits im *chirotron2osc*-Programm enthalten. Jede der insgesamt acht Sensorwertausgaben wurde dafür einzeln betrachtet und ein individueller *Schalterwert* definiert. Für die Drucksensoren wurde beispielsweise ein Druckpunkt gewählt, der mit nicht zu viel (unnötiger) Kraft verbunden ist, aber doch hoch genug liegt, um nicht aus Versehen ausgelöst werden zu können. Über das Abfragen der OSC-Adresse `/druck1/onoff` kann die Information abgerufen und in einem nächsten Schritt weiterverwendet werden. Der Vorteil speziell bei den Drucksensoren ist, dass man eine taktile Rückmeldung erhält, wenn diese betätigt werden. Durch Übung kann somit (ähnlich wie beim Klavierspiel) das Gefühl für den Druckpunkt erlernt werden.

3.2.3 Zusatzgesten

Auch wenn es für das rein akustische Ergebnis nicht relevant ist, können zusätzliche Gesten beim Handschuh eine größere Rolle spielen (in Kapitel 5.3.1 auf Seite 30



Abbildung 3.2: Chirotron und Sensor-table bei der Uraufführung von *Floating Points*

werden Funktionen vorgestellt, in denen Zusatzgesten ein fester Bestandteil der Performance sein können). Da bei digitalen Musikinstrumenten der Klang generell nicht mehr im Instrument selbst erzeugt wird, sondern von anderer Stelle aus einem oder mehreren Lautsprechern erklingt, verändert sich auch das Verhältnis des Interpreten zu seinem Instrument grundlegend. Das Bewusstsein ist viel stärker auf den klingenden Raum gerichtet, da sich dort der Klang erst manifestiert. Durch zusätzliche Gesten erhält der Spieler nun die Möglichkeit, diesen Raum konkret in seine Performance mit einzubeziehen. Auch kann ein individueller Ausdruck zu einzelnen Klängen entstehen, der somit Teil der Interpretation wird.

3.3 Kollaboration mit dem „Sensor-table“

3.3.1 Sensor-table

Das Sensor-table ist ein von Michael Vierling entwickeltes digitales Musikinstrument. Es besteht aus zwölf Infrarotsensoren, die auf einer Tischplatte befestigt sind. Der Spieler steht in der Mitte des Tisches (siehe auch Abbildung 3.2) und kann mit Handbewegungen über der Tischplatte einzelne Sensoren ansteuern. Das System erkennt den Abstand der Handposition in einem Bereich zwischen 4 und 30 cm Entfernung zu den einzelnen Sensoren.⁶

⁶Vgl. Ferreira-Lopes, Schneiderbanger, Vierling 2011, S. 32.

Neben der Nutzung als Instrument für nur einen Spieler gibt es auch die Möglichkeit, vier Spieler um den Tisch herum aufzustellen, so dass jedem Spieler drei Sensoren zur Steuerung zur Verfügung stehen. Auch auf diversen Ausstellungen konnte sich der Sensor-table als interaktive Klanginstallation bewähren und ließ dort Mehrspielerkonstellationen automatisch entstehen.

In Kollaboration mit dem Chirotron dienen die Sensoren zur Kontrolle unterschiedlicher Parameter der Klangsynthese oder der Kontrolle von Effekten wie Feedback oder Filter.

3.3.2 Interaktion

2010 wurden erste Experimente mit dem Sensor-table und dem Chirotron durchgeführt. Die ersten gemeinsamen Aufführungen fanden auf der ton:art Ausstellung in Karlsruhe im Sommer 2010 statt⁷, wobei die entstandene Musik hauptsächlich auf Improvisation basierte. Auch bestand anfangs die einzige Verbindung beider Instrumente darin, dass zwei Musiker zusammen spielten, allerdings jeder noch diskrete Audiosignale direkt an das Mischpult schickte.

Die Idee, beide Instrumente auch auf technischer Ebene zu verknüpfen, entstand, als man versuchte den Signalfluss des Mitspielers zu modulieren. Dies lies sich dank Ad-Hoc-Netzwerktechnologie und dem OSC-Protokoll sehr einfach austesten, um sich dadurch nach ersten einfachen Ergebnissen auch schnell von dem Ansatz überzeugen zu lassen.

Das erste Setup war noch vergleichsweise einfach aufgebaut: Von dem Sequenzerprogramm Ableton Live wurden Audiosignale über Soundflower⁸, ein Programm zum Routen von Audiosignal zwischen unterschiedlichen Programmen, an Max/MSP geschickt. Von dort aus wurde das Lautsprechersignal über ein *Digidesign Mbox 2 Pro* Interface an vier Boxen gesendet. Dabei konnten sowohl Chirotron als auch Sensor-table unterschiedliche Parameter über OSC am Max/MSP Patch kontrollieren (unter anderem auch schon die Koordinaten zur Verräumlichung der Klangquellen). Die Idee hinter der Benutzung von Ableton Live war, den Max/MSP-Patch zu

⁷<http://www.ton-art-expo.de/2010/>

⁸<http://cycling74.com/products/soundflower/>

einem späteren Zeitpunkt komplett in die Erweiterung von Ableton Live, *Max for Live*, zu integrieren und damit ein leistungsstarkes Programm für Audio zur Hand zu haben.

Mit der Integration der *Ambisonics External for Max/MSP* in das System und der Entscheidung, das Klangmaterial von Grund auf mithilfe von Max/MSP und SuperCollider zu erzeugen, war Ableton Live wieder aus dem Setup herausgefallen. Nachdem komplexere Ideen ausprobiert worden waren, mündete der Prozess schließlich in dem aktuellen Performance Konzept.

3.3.3 Performance Konzept

Das aktuelle Konzept basiert auf dem Zusammenspiel zwischen Sensor-table und Chirotron, in dem beide Instrumente denselben Signalfluss an unterschiedlichen Stellen beeinflussen.

Das Sensor-table ist für die Auslösung und direkte Ansteuerung der Synthese der einzelnen Klänge zuständig, während das Chirotron die Spatialisierung dieser Klänge übernimmt. Durch die unterschiedlichen Rollen der Spieler entsteht auch eine gewisse Hierarchie, da die Aktionen des Chirotron immer nur bei spielendem Sensor-table akustisch wahrgenommen werden können. Dieser Unterschied ist jedoch durch die enge Zusammenarbeit bisher nie zur Geltung gekommen.

Da das Chirotron für dieses Konzept ausschließlich die Aufgabe der Spatialisierung übernimmt, wird im folgenden Kapitel zunächst auf das Thema der Spatialisierung, und im Besonderen auf gestengesteuerte Verräumlichung, eingegangen. In Kapitel 5 wird die technische Realisierung der dafür notwendigen Umgebung, dem sogenannten *Floating Space*, dargestellt. Zeitgleich mit dem Konzept entstand auch das Stück *Floating Points*, das am 28. Januar 2011 im ZKM.Kubus in Karlsruhe uraufgeführt wurde, das anschließend in Kapitel 6 behandelt wird.

4 Spatialisierung

4.1 Geschichte

„Raum und Zeit sind die notwendigen Existenzformen alles Seienden. Daher spielt auch in der Musik beides ineinander hinein, die Komponente Zeit in räumlich konzipierte Musik, die Komponente Raum in zeitlich konzipierte. Man müßte daher gegenüber allen Darstellungen, die einseitig vorgehen, skeptisch werden.“¹

Die schon immer existierende räumliche Beziehung in der Musik war schon seit frühester Zeit ein Aspekt, der Beachtung fand: Auch noch in der heutigen Zeit gibt es dafür nachvollziehbare Beispiele wie traditionelle Alphornmusik und Glockenspiele auf Kirchtürmen², die sich bewusst auf den Raum beziehen, in dem sie erklingen. Die ersten schriftlichen Aufzeichnungen, in denen kompositorisch mit dem Raum gearbeitet wurde, entstanden Mitte des 16. Jahrhunderts an der Basilica San Marco in Venedig.

Während der Barockzeit wurde diese Technik wie in der *Missa Salisburgensis* (1628) von Heinrich Ignaz Franz Biber³, einem Stück im Stil der venezianischen Mehrhörigkeit für zwei vokale und vier instrumentale Chöre, noch weiterverwendet. Nach der Barockzeit geriet die Spatialisierung während der Zeit der Wiener Klassik nahezu in Vergessenheit. In der Epoche der Romantik tauchten wieder einige Beispiele⁴ auf, bis dieser Aspekt schließlich zu Beginn des 20. Jahrhunderts

¹W. Gieseler, *Komposition im 20. Jahrhundert*, 1975, S. 111, im Folgenden zitiert als: Gieseler 1975.

²Vgl. R. Zvonar. *A history of spatial music*, o.O. 2005, im Folgenden zitiert als: Zvonar 2005.

³Vgl. http://de.wikipedia.org/wiki/Missa_Salisburgensis, abgerufen am 12. August 2011.

⁴Hector Berlioz' *Requiem* (1837), Giuseppe Verdis *Requiem* (1874) und Gustav Mahlers *Symphonie Nr. 2* (1895). In all diesen Beispielen werden einzelne Orchestergruppen abseits der Bühne platziert (Vgl. Zvonar 2005).

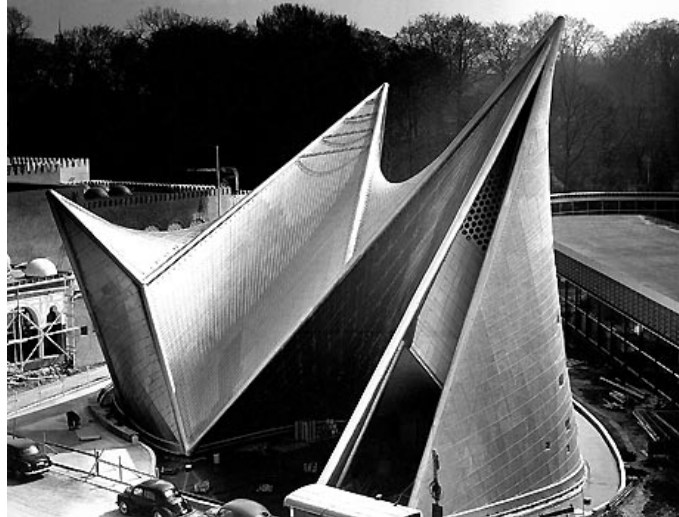


Abbildung 4.1: Der Philips-Pavillon auf der Weltausstellung in Brüssel, 1958

wieder mehr Bedeutung fand. Darunter fällt Charles Ives' *The Unanswered Question* (1908), bei der die Streicher im Gegensatz zu der Trompete und den Holzbläsern abseits der Bühne platziert wurden.

Das 20. Jahrhundert hatte – nicht zuletzt wegen der furchtbaren Kriege – einen gewaltigen Fortschritt im Bereich der Technik erlebt, und der dadurch entstehende Einfluss auf die Musik wurde besonders an zwei Orten vorangetrieben: Paris (Pierre Schaeffer mit der *musique concrète*) und Köln (Karlheinz Stockhausen und das Kölner Studio). Die neuen Technologien ermöglichten neue Ansätze zur Spatialisierung, bei der besonders „Stockhausen einen erheblichen Anteil an der Entwicklung der *Raum-Musik* hat[te]“⁵, wenn auch nicht immer nur auf reinem elektronischen Wege (wie bei *Gesang der Jünglinge* (1955/56) oder der ersten Version von *Kontakte* (1959/60)), sondern auch in Werken wie *Gruppen* für drei Orchester (1955–57) oder *Carré* (1959/60) für vier Orchester und vier Chöre. Aber auch viele andere Komponisten begannen den Raum exzessiv mit einzubeziehen (Walter Gieseler selbst schreibt von einer Emanzipation der Raum-Komponente)⁶: Dazu zählen auch Edgard Varèses *Poème Electronique* und Iannis Xenakis' *Concret PH*, die beide im Philips-Pavillon, einer speziellen Konstruktion mit 425 Lautsprechern, auf der Weltausstellung in Brüssel 1958 aufgeführt wurden⁷ (siehe auch Abbildung 4.1).

⁵Gieseler 1975, S. 110.

⁶Ebda., S. 106.

⁷C. Roads, *The Computer Music Tutorial*, 1996, S. 453.

Heutzutage bildet die Akusmatik, die ausgiebig von den Spatialisierungsmöglichkeiten Gebrauch macht, einen eigenen Teilbereich im Bereich der Elektronischen Musik und wird durch Lautsprechersysteme wie das *Akusmonium* vom *Gruppe de Recherches Musicales (GRM)* aus Paris oder das *Birmingham ElectroAcoustic Sound Theatre (BEAST)*, die regelmäßig auf Tour sind, immer wieder der Öffentlichkeit präsentiert.⁸ Auch Institutionen wie das ZKM in Karlsruhe fördern durch Aufführungsorte wie den ZKM_Kubus mit dem *Klangdom* die Fokussierung auf Spatialisierung.

4.2 Gestengesteuerte Spatialisierung

Schon in der *Mechanischen Periode* des GRM, die von 1948⁹ bis zu Beginn der 1960er Jahre reichte (und anschließend von der *Elektronischen Periode* abgelöst wurde)¹⁰, wurde die erste gestengesteuerte Verräumlichung von künstlichen Klängen realisiert.

Seit Beginn der 1990er Jahre finden sich Beispiele zur Echtzeitkontrolle von gestengesteuerter Spatialisierung auch im digitalen Bereich. Die ersten Ergebnisse reichen bis in das Jahr 1992¹¹ nach Japan zurück. In den letzten fünf Jahren gab es weitere Entwicklungen auf diesem Gebiet, wobei der Fortschritt weniger stringent verläuft, als vielmehr durch die erhöhte Rechenleistung immer wieder neue Ansätze hervorbringt. Im Folgenden werden diese beiden Etappen näher erläutert und als historische Beispiele für die geschichtliche Betrachtung der eigenen Arbeit vorgestellt.

4.2.1 Jaques Poullins *potentiomètre d'espace*

Zu Beginn der 1950er Jahre begann Pierre Schaeffer zusammen mit dem sehr geschickten Techniker Jaques Poullin neue Maschinen zu entwickeln, die letztendlich

⁸Zvonar 2005.

⁹Das GRM existierte in dieser Form damals noch nicht und wurde erst 1958 gegründet. Trotzdem rechnet D. Terrugi diese Schaffensphase von Pierre Schaeffer der Geschichte des GRM zu (vgl. D. Terrugi, Technology and musique concrète, in: *Organised Sound 12*, 2007, S. 215, im Folgenden zitiert als: Terrugi 2007).

¹⁰Ebda.

¹¹T. Harada et al., Real Time Control of 3D Sound Space by Gesture, in: *Proceedings of the 1992 ICMC*, 1992, S.85–88, im Folgenden zitiert als: Harada 1992.



Abbildung 4.2: Pierre Henry benutzt das *potentiomètre d'espace*

Weiterentwicklungen der ersten Tonbandgeräte darstellten.¹² Zu diesen Maschinen gehörte auch das Spatialisierungskontrollsystem *relief desk*, auch geläufig unter dem Namen *potentiomètre d'espace* (siehe auch Abbildung 4.2). Dieses Gerät kam erstmals am 6. Juli 1951 in der *Salle de l'Empire* in Paris zum Einsatz, mit deren Hilfe die Uraufführung von der *Symphonie pour un homme seul* von Pierre Schaeffer und Pierre Henry stattfand. Das System bestand aus mehreren kreisrunden Elektromagneten, die senkrecht aufgebaut waren. Der Spieler konnte seine Hände in die Kreise bewegen und dadurch Einfluss auf Intensität und Platzierung der Klänge nehmen.

Die Idee, dass Musik über eine gewisse Art von Darbietung präsentiert werden soll, war der Hauptantrieb für diese Entwicklung. Bemerkenswert dabei ist, dass Daniel Teruggi, Leiter der Forschung und Leiter des GRM am INA (Nationales Audiovisuelles Institut Frankreich) das Akusmonium als Langzeitentwicklung dieses Konzepts betrachtet.¹³ Dabei sagt Poullin zum *potentiomètre d'espace*, dass gerade die Verbindung zwischen der visuell erfahrbaren Geste und den gehörten akustischen Ereignissen hilft, dieser Art von Aufführungen die menschliche Anwesenheit zurückzugeben, welche ansonsten ein dynamisch visuelles *Spektakel* vermissen

¹²Vgl. Terrugi 2007, S. 217.

¹³Ebda., S. 218.

lassen würden.¹⁴

4.2.2 Gestengesteuerte Spatialisierung im digitalen Zeitalter

1992 präsentierte Tsutomu Harada aus Japan (Waseda University, Department of Applied Physics) ein System zur gestengesteuerten Spatialisierung auf der *International Computer Music Conference* (ICMC).¹⁵ Dieses System wird von einem Datenhandschuh gesteuert und kann über einen Rechner wiederum ein MIDI-Instrument ansteuern. Das MIDI-Instrument besitzt drei Stereoausgänge und ist an ein Setup mit sechs Lautsprechern angeschlossen. Die drei daraus resultierenden Lautsprecherpaare sind dabei jeweils entgegengesetzt aufgestellt und in alle drei Dimensionen verteilt (man stelle sich dabei ein dreidimensionales Koordinatensystem mit x-, y- und z-Achse vor und lege auf jede Achse zwei Lautsprecher, jeweils vor und hinter dem Nullpunkt, in jeweils gleichem Abstand zu diesem). Der Computer transformiert zur Spatialisierung die Gesten in Amplitudenänderungen, um damit das klangliche Abbild an der zu erwartenden Position wiederzugeben.

Auch wenn die Limitierungen aus heutiger Sicht groß erscheinen – die Möglichkeit zur Ansteuerung nur eines einzigen Klangerzeugers, keine Simulierung des natürlichen Klangverhaltens in der Bewegung, die Begrenzung auf MIDI-Instrumente –, sind sie ein realistisches Abbild der damaligen Möglichkeiten, die es bei Echtzeitanwendungen gab. Und Tsutomu Harada hat Recht behalten:

„Real time sound space control will play a more important part in musical performance in near future to overcome the limitations of instrument positioning and the corresponding sound movement.“¹⁶

So hatte J. Schacher in den Jahren 2002/03 die erste Version der Max/MSP Ambisonic External am *Institute for Computer Music and Sound Technology* (ICST) in

¹⁴Vgl. J. Poullin, L'apport des techniques d'enregistrement dans la fabrication de matières des formes musicales nouvelles. Applications à la musique concrète, in : *L'Onde électrique Vol. 34*, 1954, S. 282–291, zit. nach J. Tee, Visible Sounding, in: *Music and Sonic Art: Symposium Proceedings II*, 2011, S. 82; Hervorhebung nicht original.

¹⁵Vgl. Harada 1992.

¹⁶Ebda., S. 88.

Zürich entwickelt.¹⁷ Die Raumklangtechnologie Ambisonics (siehe auch das folgende Kapitel 4.3) konnte somit nun in Echtzeitumgebungen eingesetzt werden und wird mittlerweile oft im Zusammenhang für gestenkontrollierte Klänge im Raum sowohl bei Schacher selbst¹⁸ als auch bei vielen anderen, inklusive dem Autor, benutzt.

M. T. Marshall veröffentlichte 2006 eine Abhandlung über die Entwicklung eines Systems für gestengesteuerte Spatialisierung.¹⁹ Anstatt auf bisherige Spatialisierungstechniken (wie auch das bereits erwähnte Ambisonics) zurückzugreifen, wird hier das neue *Virtual Microphone Control* (ViMiC) Spatialisierungssystem verwendet. Hier zeigt sich auch, dass die Entwicklung in diesem Bereich immer wieder neue Ansätze aufgreift. Dabei richtet sich der Fokus auch immer stärker auf die systematische und theoretische Betrachtung der Konzepte, um letztendlich auch einen möglichen Standard in diesem Bereich etablieren zu können.

4.3 Ambisonics

Im Bereich der elektronischen Musik existiert eine Vielzahl von unterschiedlichen Systemen, um mit Spatialisierung zu arbeiten. Alleine für die Entwicklungsumgebung Max/MSP existieren neben dem bereits erwähnten Virtual Microphone Control (ViMiC) und Ambisonics noch unterschiedliche Arten des Amplituden Panning wie das *Vector Based Amplitude Panning* (VBAP) und das *Distance Based Amplitude Panning* (DBAP), der sogenannte *Space Unit Generator* (eine Technik, die auf das Jahr 1983 zurückgeht), und *Spatialisateur*, eine Sammlung von unterschiedlichen Spatialisierungsalgorithmen, die am IRCAM in Paris entwickelt wird.²⁰

In diesem Abschnitt wird die Raumklangtechnologie Ambisonics vorgestellt, die in den 1970er Jahren entstand und heutzutage von einer Vielzahl von Musikern und Komponisten zum Einsatz kommt.

¹⁷Vgl. J. Schacher, Seven years of ICST Ambisonics Tools for MaxMSP – A brief report, in: *Proceedings of the 2nd International Symposium on Ambisonics and Spherical Acoustics*, 2010, im Folgenden zitiert als: Schacher 2010.

¹⁸Vgl. Schacher 2007, S. 358.

¹⁹Vgl. M. T. Marshall u.a., On the Development of a System for Gesture Control of Spatialisation, in: *Proceedings of the 2006 International Computer Music Conference*, 2006.

²⁰Vgl. N. Peters u.a., *Spatial Sound Rendering in Max/MSP with ViMiC*, 2008.

Ambisonics wurde von dem britischen Mathematiker Michael Gerzon entwickelt. Diese Technik war ursprünglich nur für die Aufnahme und Wiedergabe von realen Aufnahmen konzipiert worden. Um die räumliche Information des Schallfeldes bei den Mikrofonaufnahmen zu erhalten, wird das sogenannte *Soundfield Microphone* benutzt. Dieses Mikrofon besteht aus vier Mikrofonkapseln, die alle eine Achtercharakteristik besitzen. Durch elektronische Aufbereitung erhält man dann das vierkanalige B-Format (1. Ordnung), das die gesamte Schallinformation des Raumes an dem Punkt der Aufnahme enthält.

Dieses Format stellt eine der großen Vorteile von Ambisonics dar: Durch das Verfahren der Encodierung ist es bei der Wiedergabe an keine Lautsprecherkonfiguration gebunden, und bietet dadurch eine große Flexibilität. Natürlich sollte eine Mindestanzahl von Lautsprechern vorhanden sein, und auch die Symmetrie der Aufstellung ist zu beachten.

Um das B-Format zu erhalten, ist man aber nicht auf die Verwendung von Soundfield Microphones und somit auf reale Klangaufnahmen begrenzt. Es ist auch möglich, das B-Format virtuell zu erzeugen und dadurch virtuelle Räume zu simulieren. Diese Möglichkeiten werden speziell von Musikern und Komponisten elektronischer Musik verwendet. Bei dieser Art der Anwendung ist man auch nicht mehr auf das B-Format erster Ordnung mit seinen vier Kanälen beschränkt. Die Anzahl von vier Kanälen hängt im wesentlichen mit der Mikrofonierung zusammen, die in einer simulierten Umgebung wegfällt. Somit ist es möglich, das B-Format auch in höheren Ordnungen zu verwenden, und damit eine höhere Auflösung zu erzielen. Dabei vergrößert sich die Anzahl der Kanäle des B-Formats um folgende Formel:

$$\text{Anzahl Kanäle} = (\text{Ordnung} + 1)^2$$

Das B-Format zweiter Ordnung besitzt demnach neun und das B-Format dritter Ordnung sechzehn Kanäle. Am ICST in Zürich wird beispielsweise die dritte Ordnung „als Kompromiss zwischen Genauigkeit der räumlichen Auflösung und bewältigbarer Datenmenge und Rechenleistung [...] verwendet.“²¹

²¹P. Kocher, *Raumklang mit Ambisonics in Max/MSP*. o.O., 2007.

Die Wahl der Ordnungszahl hängt auch mit der Anzahl der zur Verfügung stehenden Lautsprecher bei der Wiedergabe zusammen. So gilt für die Lautsprecheraufstellungen:

2-D Aufstellung: *Anzahl Lautsprecher* \geq (*Ordnung* + 1) * 2

3-D Aufstellung: *Anzahl Lautsprecher* \geq (*Ordnung* + 1)²

Eine zu geringe Anzahl an Lautsprechern verbunden mit einer höheren Ordnungszahl führt zu „Löchern“ im Panorama. Bei Einhaltung dieser Regeln hat man ein flexibles System zur Hand, dass standortunabhängig ist und sich ohne große Umstände adaptieren lässt. Die Einschränkungen, die sich aktuell durch die nicht sehr weite Verbreitung von größeren Surround-Lautsprechersystemen ergeben, reichen aus Sicht der damit arbeitenden Musiker auch völlig aus.

5 Das „Floating Space“ System

Floating Space ist das Ergebnis der Zusammenarbeit zwischen Chirotron und Sensor-table und stellt eine Möglichkeit der Kombination beider Instrumente dar. Auch wenn diese Umgebung zunächst speziell für das Stück *Floating Points* entstanden ist, wurden keine speziellen Funktionen implementiert, die den kompositorischen Prozess automatisiert beeinflussen. Dieses System ist sowohl Teil des Instruments Chirotron als auch Teil des Instruments Sensor-table, das aus konzeptionellen und technischen Gründen in einer großen Umgebung realisiert wurde.

Bei einer hardwareseitigen Trennung von Chirotron und Sensor-table hätte man neun Audiospuren vom Sensor-table zum Chirotron routen müssen, was dafür spricht, ein gemeinsames System zur Signalgenerierung und -bearbeitung zu nutzen. Damit besteht jetzt auch die Möglichkeit, einfacher und schneller neue Arten der Beeinflussung des Signalweges zu testen, so dass beispielsweise beide Instrumente unterschiedliche Parameter im gleichen Klangsyntheseprozess steuern.

Das kollaborative System kann auch als Mehrspielerinstrument betrachtet werden, ein Konzept, das bis zu Stücken wie *Mikrophonie I* und *II* von Karlheinz Stockhausen zurückverfolgt werden kann.¹

5.1 Eingesetzte Programme

Das Floating Space System wurde mithilfe von drei unterschiedlichen Programmen entwickelt: Max/MSP, SuperCollider und JackOSX. Dabei wird SuperCollider nur für die Klangsynthese verwendet, JackOSX dient lediglich dazu, die Signale von SuperCollider nach Max/MSP zu routen.

¹Vgl. Miranda, Wanderley 2006, S. 88.

Man hätte somit auch auf die Einbindung von SuperCollider verzichten können, da die Synthese von Klängen in Max/MSP ebenso möglich ist. Allerdings steckt dahinter nicht nur die persönliche Vorliebe des Autors, Klänge in SuperCollider zu entwickeln, sondern vor allem die Idee, das Floating Space System so offen wie möglich zu gestalten, um eine besonders große Freiheit an Herangehensweisen zur Erstellung neuer Stücke zu bewahren. Durch die Einbindung in die JackOSX Umgebung ist es nämlich auch möglich, Audiosignale von einem beliebigen Programm für das Floating Space zu verwenden. Damit verbunden ist der Gedanke, auch weiteren Personen eine Möglichkeit zu bieten, Stücke und Klänge für dieses System zu entwickeln. Dies soll sie nicht in der Wahl ihres Werkzeugs einschränken.

Auch wenn normalerweise und nicht ohne Grund von Systemen mit zuviel unterschiedlicher Software abgeraten wird, gab es bei Floating Space nie Stabilitätsprobleme, solange man sich an einen festgelegten Ablauf beim Starten der Programme hielt. Im Folgenden werden die verwendeten Programme kurz vorgestellt.

5.1.1 Max/MSP

Max/MSP ist eine Programmierumgebung für Musik, die es einem ermöglicht, interaktive Systeme zu erstellen. Das Hauptinterface besteht aus einer grafischen Oberfläche, in der das Programm, der sogenannte Patch, entwickelt wird. Dabei werden unterschiedliche Objekte über sichtbare Verbindungen miteinander verknüpft. Auch wenn Max/MSP oft als objektorientierte Programmiersprache betrachtet wird, ist diese Bezeichnung nicht zutreffend. *Objektorientierte Programmierung* (OOP) ist ein geläufiger Begriff in der Informatik, der Eigenschaften beinhaltet, die auf Max/MSP nicht zutreffen. Auch Puckette meint dazu:

„There is disagreement among commentators as to whether Max should be considered ‘object-oriented’ in light of this message-passing interface, or whether it should be denied the title as lacking many other features common to object-oriented programming languages.“²

²M. Puckette, Max at Seventeen, in: *Computer Music Journal*, Volume 26, Issue 4, 2002, S. 35, im Folgenden zitiert als: Puckette 2002.

Entwickelt wird die Software von der Firma Cycling '74 unter der Leitung von David Zicarelli. Max/MSP zählt zu den Max-ähnlichen Programmen wie *jmax* und *PureData* (Pd). Sie alle basieren auf dem sogenannten *Max Paradigma*.³

Entwickelt wurde das ursprüngliche Max⁴ von Miller Puckette, der das Programm nach Max Mathews benannt hat, da Mathews' Programm RTSKED unter anderem einen entscheidenden Einfluss auf die Entwicklung von Max hatte.

Zu Beginn der 90er wurde die erste kommerzielle Version von Max veröffentlicht, dem direkten Vorgänger von Max/MSP. Die MSP-Erweiterung, also die Möglichkeit auch Audio Signal Processing mit Max zu betreiben, basiert auf den Tilde-Objekten, die Puckette 1997 für Pd entwickelt hatte.

Mittlerweile ist die nächste Version, Max 6, für Ende 2011 angekündigt worden.⁵

Erweiterungen

Max/MSP bietet die Möglichkeit, sogenannte External mit einzubinden, und dadurch das Programm für bestimmte Zwecke zu spezialisieren. Für das Floating Space wurden insgesamt drei Erweiterungen verwendet, die zum Teil essentiell für die Realisierung waren.

Ein grundlegender Bestandteil des Systems sind die *Ambisonic Tools for Max/MSP* vom ICST Zürich. Sie entstanden aufgrund zahlreicher Forschungsarbeiten im Bereich Ambisonics seit den späten 90er Jahren, die zunächst am *Swiss Center for Computer Music* (SZCM) und später am ICST fortgeführt wurden.⁶

Die erste Version der Max/MSP External entstand 2002/03. Kernstück der External sind schon seit damals die beiden Objekte [ambiencode~] und [ambidecode~]. Erstgenanntes dient zur Berechnung des B-Formats aus den Klängen und deren Koordinatenangaben, das Letztgenannte dekodiert das B-Format wieder in die gewünschte Lautsprecherkonfiguration.

³Vgl. Puckette 2002, S. 31.

⁴Der damalige Name lautete noch *Music500* und wurde Anfang der 80er Jahre entwickelt (Puckette 2002, S. 33).

⁵<http://cycling74.com/> (abgerufen am 28. August 2011).

⁶Vgl. Schacher, 2010.

2006 entwickelte Philippe Kocher die Benutzeroberfläche [ambimonitor] für die Ambisonic Externals und stellte damit zusammen mit der Controller-Erweiterung [ambicontrol] die zweite Hälfte des ICST Tool-Set her.⁷

Für die Klangbearbeitung im Floating Space wird eine Filterbank verwendet, die vom Sensor-table angesteuert werden kann. Dafür kommt das [resonators~] Objekt vom *Center for New Music and Audio Technologies* (CNMAT) zum Einsatz. Dieses Objekt gehört zu einer Reihe von Filterobjekten, die 1999 auf der ICMC vorgestellt wurden.⁸ Das [resonators~] Objekt kann parallele Bänke von zweipoligen Resonatoren erzeugen und erlaubt es, Frequenz, Verstärkung und Abklingrate in Echtzeit zu verändern, ohne dass störende Geräusche entstehen. Durch die Unterstützung von Listen-Nachrichten können komplexe Filterbänke mit nur einem Objekt erzeugt werden.

Einen nicht zu unterschätzenden Anteil während der Arbeit hatte die kleine Erweiterung *Max ToolBox* von Nathanaël Lécaudé.⁹ Die Max ToolBox basiert auf JavaScript und vereinfacht einige Aspekte beim Erstellen von Patches in Max/MSP. So ist es möglich, über Keyboard-Shortcuts Objekte miteinander zu verbinden, ohne selbst immer die Verbindung mit der Maus ziehen zu müssen. Damit ist auch aus Sicht des Autors eines der größten Nachteile von Max/MSP eliminiert worden, nämlich die überflüssige Zeitverschwendung beim Strippenziehen, wenn der Patch doch einmal etwas komplexer werden sollte.

5.1.2 SuperCollider

SuperCollider ist eine Musik-Programmiersprache, die zu Beginn von James McCartney entwickelt und 1996 erstmals veröffentlicht wurde.¹⁰ Sie entstand aus zwei unterschiedlichen Programmen, die McCartney bis dahin entwickelt hatte: Synth-O-Matic und dem Max-Objekt Pyrite, welches den Interpreter für die Sprache beinhaltete und für SuperCollider erweitert wurde.¹¹ Seit 2001 ist SuperCollider als Open

⁷Vgl. Schacher 2010.

⁸T. Jehan, A. Freed, R. Dudas, Musical Applications of New Filter Extensions to Max/MSP, in: *ICMC Proceedings 1999*, Peking 1999.

⁹Verfügbar auf <http://code.google.com/p/maxtoolbox/> (abgerufen am 28. August 2011).

¹⁰J. McCartney, Foreword, in: *The SuperCollider Book*, 2011, S. x.

¹¹J. McCartney, SuperCollider: a new real time synthesis language, in: *ICMC Proceedings 1996*, Hongkong 1996.

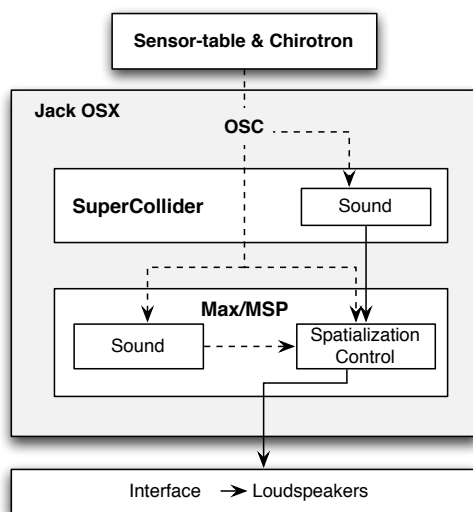


Abbildung 5.1: Daten- und Signalfluss

Source Projekt frei verfügbar und wird von einer aktiven Gemeinde stetig erweitert und verbessert.

5.1.3 JackOSX

Jack (the **J**ack **A**udio **C**onnection **K**it) ist ein Audio-Server, der ursprünglich für das GNU/Linux Betriebssystem geschrieben wurde und mittlerweile auch für Max OSX verfügbar ist.¹² Er kann eine beliebige Anzahl von unterschiedlichen Programmen mit einem einzigen Hardware-Audio-Interface verbinden und erlaubt auch den Austausch von Audiosignalen untereinander.

5.2 Klangerzeugung

Für die Erzeugung der Klänge werden zwei unterschiedliche Umgebungen verwendet, SuperCollider und Max/MSP. Um einen Austausch der Audiosignale zu ermöglichen, werden beide Programme in Jack OSX gebettet (siehe auch Abbildung 5.1).

¹²Kostenlos verfügbar auf <http://jackosx.com/>

5.2.1 Architektur der Audiosignalerzeugung

Die Programme für die Klänge sind modular aufgebaut, sodass es für den Anwender sehr einfach ist, diese auszutauschen oder neue hinzuzufügen. Das SuperCollider-Programm besteht aus zwei Patches, dem Hauptprogramm mit den Klängen und dem Patch mit den OSC-Respondern. Im letztgenannten Patch existieren OSC-Responder für alle Arten von Nachrichten, die sowohl vom Sensor-table als auch vom Chirotron kommen können.

Mit einer knappen Zeile Code im jeweiligen OSC-Responder können die empfangenen Daten des jeweiligen Sensors mit selbstgewählten Parametern aus den programmierten Klängen verknüpft werden. Im folgenden Beispiel erkennt man den *OSCresponder*, der auf Daten vom Sensor Nr. 11 vom Sensor-table hört.

```
d[\s11f] = OSCresponder(nil, '/Sensor11/flow', { |t, r, msg|
// soundSchroet.set(\sawFreq, msg[1] );
soundTrauben.set(\freq, msg[1].linlin(0.13, 0.6, 400, 3200));
}).add;
```

Die relevante Codezeile beginnt mit `soundTrauben.set`. Hier wird der Klang mit dem Namen *soundTrauben* gesteuert. Der Wert wird dabei dem Frequenzparameter `\freq` zugewiesen, der davor in der Definition des Klanges festgelegt wurde. Bevor jedoch die Werte dem Klang übergeben werden, erfahren sie noch eine lineare Umskalierung mit der Methode *linlin* vom Wertebereich 0.13–0.6 auf 400–3200. In der auskommentierten Zeile darüber sieht man die Möglichkeit, den Wert auch für weitere Klänge und deren Parameter zu nutzen (in diesem Fall der Klang *soundSchroet* und der Parameter `\sawFreq`).

Auf diese Weise hat man einen direkten Einfluss auf die Syntheseprozesse in SuperCollider. Die Klänge werden auf unterschiedlichen Bussen an Max/MSP weitergeleitet, da dort weitere Effekte und Funktionen vom Sensor-table (siehe auch nächsten Abschnitt) auf das Signal angewendet werden und auch die Spatialisierung komplett in Max/MSP stattfindet.

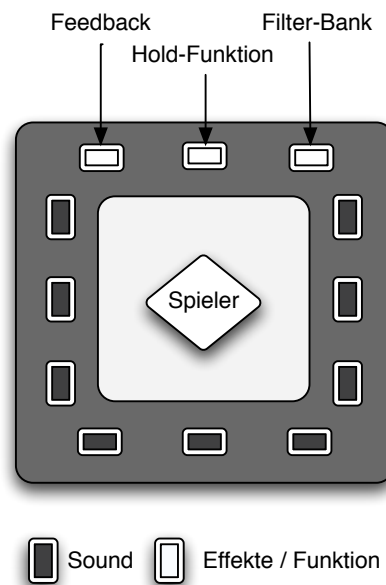


Abbildung 5.2: Draufsicht des Sensor-table

5.2.2 Effekt-Möglichkeiten am Sensor-table

Das Sensor-table besitzt zwei verschiedene Arten von Sensornutzung: Die direkte Ansteuerung/Auslösung einzelner Klänge, und die Kontrolle verschiedener Effekte und Funktionen. Neun der zwölf Sensoren werden für die Ansteuerung der Klänge verwendet (siehe Abbildung 5.2).

Die drei übrigen Sensoren wenden Effekte auf die vorhandenen Klänge an. Eines davon aktiviert eine Filterbank, die auf den erklingenden Klang angewendet wird. Jeder Klang besitzt eine individuell gestaltete Filterbank, die auf seine Charakteristik angepasst wurde. Als weiterer Effekt dient eine Feedbackschleife, die den Klang kurz verzögert mit niedriger Intensität wiedergibt. Die Hold-Funktion, die kein Effekt im eigentlichen Sinne darstellt, wird auf S. 40 näher erläutert.

5.3 Spatialisierung

Die Spatialisierung wird ausschließlich mit dem Chirotron ausgeführt. Das Mehrkanal-Setup sieht es vor, den Spieler in der Mitte des Raumes zu positionieren. Dadurch erhält er die Möglichkeit, Klangquellen zu greifen die vom Sensor-table ausgelöst wurden, und diese frei im Raum zu platzieren. Es ist auch möglich, Klan-

gobjekte zu nehmen, die schon platziert wurden und deren Position im Raum wieder neu zu bestimmen, selbst wenn das Sensor-table in der Zwischenzeit ganz andere Klänge kontrolliert.

Zur Realisierung wurde das Ambisonics System verwendet (siehe auch Kapitel 4.3 auf Seite 20). Für die Realisierung im ZKM_Kubus wurde das B-Format dritter Ordnung mit sechzehn Kanälen gewählt.

Alle Klänge besitzen einen Objekt-Character, deren individuelle Positionen über Koordinaten in einem dreidimensionalen Raum definiert sind. Die Klangpositionen werden hier streng nach einem Top-Down Prinzip festgelegt: Das bedeutet, dass jedes Klangobjekt direkt über die Gesten angesteuert wird. Ein Bottom-Up Prinzip würde den Klangobjekten schon gewisse vordefinierte Verhaltensfunktionen geben, die dann von den Gesten beeinflusst werden könnten.¹³ Darauf wurde bisher bewusst verzichtet, um die unmittelbare Kontrolle über die Klänge zu jedem Zeitpunkt in der Musik zu gewährleisten (dies gilt sowohl für die Funktionsweise des Chirotron als auch für die des Sensor-table¹⁴).

5.3.1 Steuerung im Raum

Alle Klangquellen sind in einem Polarkoordinatensystem positioniert und können durch Verwendung von zwei Werten im Raum bewegt werden (Winkel und Abstand zur Mitte).

Für den Winkel wird der Wert der x-Achse beim Beschleunigungssensor am Handballen verwendet. Dieser Wert gibt an, ob die Handfläche nach oben oder nach unten zeigt. Dadurch kann ein genommener Klang durch den Raum rotiert werden, indem man die Hand dreht. Der Abstand zwischen der Klangquelle und der Mitte des Raumes wird durch die Werte des Biegesensors am Zeigefinger kontrolliert.

Die Idee dahinter war es, eine Zuordnung zu finden, die das Spiel so intuitiv wie möglich gestaltet. Das eigentliche Ziel, den Winkel über die Richtung des Armes und den Radius über die Streckung des Armes zu errechnen, ist mit einem Eingabegerät

¹³Schacher 2007, S. 358 f.

¹⁴Selbst die Hold-Funktion ist mehr mit dem einfachen Halten des Fortepedal am Klavier zu vergleichen, als mit der Einführung eines völlig neuen Prinzips der Klangbehandlung (siehe auch die Ausführungen zur Holdfunktion auf Seite 40).

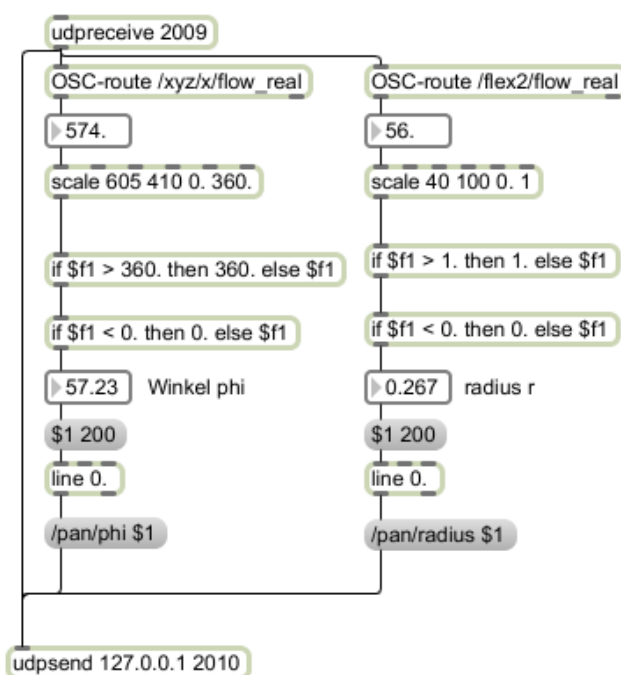


Abbildung 5.3: Die Umrechnung der Werte für die Klangsteuerung im Raum

wie dem Chirotron nicht möglich, da diese Art von Gesten mit den vorhandenen Sensoren nicht erfasst werden kann¹⁵. Trotzdem können zusätzliche Gesten benutzt werden, um die Klangbewegung hervorzuheben.

Es bietet sich an, die Armgesten zur Verdeutlichung der Bewegung und Position des Klanges einzusetzen, auch wenn sie keinen Einfluss auf die Wiedergabe haben. Zum einen führt dies natürlich zu einer visuellen Verdeutlichung des Geschehens für das Publikum, und zum anderen kann der Spieler auf diese Weise durch Üben einen bewussteren, intuitiveren Umgang mit seinem Instrument erlernen, da damit wieder eine Korrelation zwischen auditiver Wahrnehmung und Geste gegeben ist.

Ausgehend von der Gesten-Input-Ebene wurde für die Weiterbenutzung der Daten ein neues Programm erstellt, das die Zuordnungsebene darstellt. Hier werden die Gesten-Input-Daten interpretiert und geben eine aussagekräftigere Darstellung der Daten wieder, mit denen sich einfacher arbeiten lässt.¹⁶ Auch hier dienen das OSC- und MIDI-Protokoll als Schnittstelle zu anderen Programmen.

¹⁵Es ist angedacht, diesen Ansatz zu einem späteren Zeitpunkt zu realisieren, entweder durch eine Weiterentwicklung des Chirotrons oder dem Einsatz von ganz anderen Controllern wie beispielsweise der Microsoft Kinect.

¹⁶Vgl. auch J. Schachers Ausführungen zu *Mapping Layer*, in: Schacher 2007, S. 359.

	Winkel	Abstand zur Mitte
Ursprungswert	x-Achse Beschleunigungssensor	Flexsensor Zeigefinger
OSC-Adresse	/pan/phi	/pan/radius
Wertebereich	0–360 (Grad)	0.0–1.0

Tabelle 5.1: Steuerdaten zur Klangbewegung

Konkret werden hier der Wert für den Winkel und den Radius bei der Raumsteuerung der jeweiligen Klänge erzeugt (siehe auch Abbildung 5.3 auf Seite 31): Der x-Wert des Beschleunigungssensors wird auf einen Wertebereich von 0–360 skaliert und dabei mögliche Werte, die über diesen Bereich hinausgehen könnten, herausgefiltert. Dazu wird eine leichte Glättung mit einer linearen Funktion über 200 ms angewendet, um ruckartige Sprünge im Datenfluss zu vermeiden. Die Werte des Biegesensors werden zunächst ebenso normalisiert (auf einen Bereich zwischen null und eins), anschließend gefiltert und zuletzt mit derselben Funktion wie für die Werte des Beschleunigungssensors geglättet. Die Filterung dient dazu, normalisierte Werte der Sensoren, die zunächst noch kleiner null werden können, zu vermeiden, da das Programm ansonsten nicht mehr wie gewünscht reagieren würde.

Die bearbeiteten Werte werden über das OSC-Protokoll mit den entsprechenden Adressen an das Hauptprogramm geschickt (siehe auch Tabelle 5.1), das in diesem Falle auf einem weiteren Rechner ausgelagert ist. Hier können die Koordinaten dem Ambisonics System übergeben werden, das dann die Klänge an die gewünschte Position platziert.

5.3.2 Greifen

Zum Greifen einzelner Klänge stehen dem Spieler unterschiedliche Funktionen zur Verfügung: Zum einen kann der Spieler den zuletzt gespielten Klang des Sensor-table auswählen, zum anderen kann er den Klang auswählen, der der virtuellen Position des Handschuhs am nächsten ist. Dabei werden die Schalterfunktionen der Drucksensoren an Zeige- und Ringfinger aus dem *chirotron2osc*-Programm benutzt.¹⁷ Dies wird auch in den folgenden Sektionen genauer beschrieben.

¹⁷Vgl. auch Kapitel 3.2.2 auf S. 11.

Die Schalterfunktion wird nur über den Druck auf den Sensor an der Fingerkuppe aktiviert, und schaltet sich wieder ab, sobald der Druck nachlässt. Diese Funktion wurde so erweitert, dass der eigentlich gewünschte Schalter durch einmaliges Drücken aktiviert wird. Damit wird signalisiert, dass der Klang genommen wurde. Ein weiteres Drücken deaktiviert die Funktion wieder und lässt den Klang an seiner neuen Position los.

Es kann immer nur eines dieser beiden Modi gleichzeitig verwendet werden, das heißt, wenn beispielsweise der zuletztgespielte Klang vom Sensor-table über die Schalterfunktion am Zeigefinger *gegriffen* wird, kann nicht gleichzeitig noch der nächstliegende Klang über den Schalter am Ringfinger genommen werden. Erst wenn der Klang erneut abgelegt wurde und die Hand wieder *frei* ist, kann man wieder die Entscheidung treffen, auf welche Art der nächste Klang genommen werden soll.

Die Zuweisung der Chirotron-Position zu dem genommenen Klang verhält sich im Moment des Greifens auf besondere Weise: Um einen nicht gewollten, plötzlichen Sprung der Klangposition von der letzten Position zu der neu zugewiesenen zu vermeiden, findet innerhalb der ersten zwei Sekunden nach dem Greifen eine exponentielle Interpolation zwischen der alten Klangposition und der Position des Chirotrons statt. Dadurch entsteht für einen kurzen Moment der Eindruck, der Klang fliege auf den Handschuh zu, oder würde vom Handschuh angezogen.

„next2chiro“

Die next2chiro Funktion erlaubt es dem Spieler, den zum Handschuh nächstgelegenen Klang zu greifen. Um diese Funktion abzurufen, genügt ein Druck auf die Fingerkuppe am Zeigefinger. Die Umsetzung dieser Funktion geschieht folgendermaßen: Jeder Klang besitzt eine dreidimensionale Koordinate im Polarkoordinatensystem, die den jeweiligen Ort des Klangs definiert. Ebenso besitzt der Handschuh eine Koordinate im Koordinatensystem. Diese Daten können abgefragt und zur Weiterverarbeitung genutzt werden.

Nach der Formel für den Abstand zweier Punkte in einem dreidimensionalen Raum kann jetzt für jedes Klangobjekt der Abstand zum Chirotron berechnet werden. Dabei entsprechen die $x_{1,2,3}$ -Werte den Koordinaten des jeweiligen Klangs, die $y_{1,2,3}$ -Werte den Koordinaten des Handschuhs und c dem Abstand der beiden Punkte.

$$c = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2 + (z_1 - z_2)^2}$$

Diese Berechnung wird für jedes Klangobjekt separat im Zusammenhang mit der Position des Handschuhs durchgeführt. Die Ergebnisse werden mit einer Rate von 10 Hz verglichen und ermitteln somit den nächstbefindlichen Klang zu dem Chirotron.

„last active“

Die *last active* Funktion ist direkt mit dem Spiel des Sensor-table gekoppelt und kann über einen Druck an der Fingerkuppe des Ringfingers aktiviert werden. Wenn eines der Sensoren am Tisch, dem ein Klang zugewiesen wurde, gespielt wird, wird die Zahl dieses Sensors weitergegeben. Somit kann immer festgestellt werden, welcher Klang zuletzt vom Spieler des Sensor-Table gespielt worden ist. Mit dieser Information ist es dann möglich, den gewünschten Klang zu *greifen*.

5.3.3 Verräumlichungseffekte

Die Simulation der Verräumlichung wird neben der Positionierung der Klänge auch durch weitere Signalverarbeitung erreicht. Beide Effekte, sowohl Luftabsorbtion als auch der Dopplereffekt, sind schon in den Ambisonics Externals vorhanden, und wurden für das Floating Space System übernommen.

Luftabsorbtion

Die Luftabsorbtion wird durch einen Tiefpassfilter simuliert. Hierzu wird die Entfernung des Klangs zum Mittelpunkt verwendet, um die Grenzfrequenz des Tiefpassfilters zu steuern (in der Mitte beträgt die Grenzfrequenz 18.000, am äußersten Rand

1.000 Hertz). Damit verliert der Klang an Höhen und somit an Brillanz, je weiter er sich von der Mitte fortbewegt.

Dopplereffekt

Der Dopplereffekt beschreibt die Veränderung übertragener Frequenz bei bewegten Schallquellen in Relation zu deren Geschwindigkeit. Ein klassisches Beispiel aus dem Alltag ist das Fahrzeug mit eingeschalteter Sirene, bei dem man beim Vorbeifahren einen deutlichen Abfall der Tonhöhe wahrnimmt.

Es kommt im Floating Space System logischerweise nur bei der Bewegung von Klängen zum Einsatz, und wurde nach folgender Formel in Max/MSP implementiert:¹⁸

$$f^* = f \frac{v}{(v \pm v_s)}$$

f^* übertragene Frequenz

f Ursprungsfrequenz

v Geschwindigkeit der Schallwellen

v_s Geschwindigkeit der Klangquelle

Um das Klangverhalten im entsprechenden wiedergebenden Raum möglichst naturgetreu zu simulieren, wird der Radius des Lautsprecherfelds in Metern angegeben. Durch simple Umrechnung kann dann somit die Geschwindigkeit der virtuellen Klänge im Raum definiert werden. Die Schallgeschwindigkeit wurde auf 343.8 m/s festgelegt, was einem Raum bei 20 °C und trockener Luft entspricht.¹⁹

Ein weiterer interessanter Ansatz könnte im musikalischen Sinne auch die Verwendung von nicht-natürlichen Effekten bei der Raumbewegung sein. Bisher wurden aber noch keine Experimente in diese Richtung unternommen, doch wäre dies ein Aspekt, der bei einer möglichen Weiterentwicklung eine Rolle spielen könnte.

¹⁸M. Oechlin, M. Neukom, G. Bennett, *The Doppler Effect – an Evolutionary Critical Cue for the Perception of the Direction of Moving Sound Sources*, 2007.

¹⁹Vgl. die Max/MSP Patches aus den *Ambisonic Externals For Max/MSP*, (Version 2.0 beta 9).

5.3.4 Kuppelflug

Die bisherigen Aufführungen nutzten das Ambisonics System auf der virtuellen Seite nur auf einer zweidimensionalen Ebene, die Höhe des Raumes wurde nicht mit einbezogen. Trotzdem soll die entwickelte Kuppelflugfunktion vorgestellt werden. Diese stellt eine Abhängigkeit zwischen der Höhe der Klangposition und dem Abstand zur Mitte her. Das resultierende Ergebnis ergibt einen Klang, der, je näher er sich dem Mittelpunkt befindet, auch umso höher positioniert ist. Wird nun die Abhängigkeit über ein exponentielles Zuordnen ausgedrückt, lassen sich halbrunde Flugbahnen in der Höhe erzeugen, wenn ein Klang von der einen Seite des Raumes zur gegenüberliegenden Seite gesteuert wird.

Die Position eines Klanges wird in einem Polarkoordinatensystem durch Winkel und Abstand zum Mittelpunkt ausgedrückt. Dadurch ergeben sich in den Ambisonics External für Max/MSP drei Wertangaben: Richtungswinkel, Höhenangabe (auch in Grad, vom Mittelpunkt aus beschrieben) und Abstand. Für kartesische Koordinatenangaben gibt man den x-, y- und z-Wert im Raum an, der in den Ambisonics External jeweils von -1 bis +1 reicht.

Um nun den z-Wert aus den kartesischen Koordinaten mit den in Polarkoordinaten definierten Positionen der Klänge zu verbinden, wurden für die Realisierung in Max/MSP die Positionen der Klänge in kartesische Koordinaten umgewandelt. Die Umrechnung geschieht nach folgender Formel:

$$x = r * \cos(\phi) \text{ und } y = r * \sin(\phi).$$

Dadurch erhält man die Möglichkeit, eine Abhängigkeit von d (Abstand zum Mittelpunkt (*distance*), aus den Polarkoordinaten) und z (Höhe, aus den kartesischen Koordinaten) zu erstellen.

Man kann in Max/MSP als Rechenobjekt auch das [ambimonitor]-Objekt aus den External selbst verwenden, indem man Polarkoordinaten in das linke Inlet gibt und über das mittlere Outlet die umgerechneten Positionen als kartesische Koordinaten erhält.

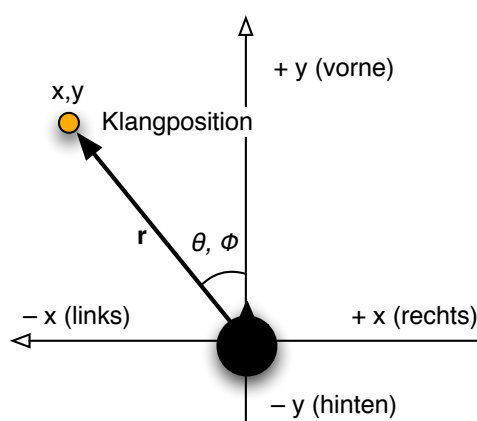


Abbildung 5.4: Positionsbestimmung in Ambisonics

5.3.5 Stereofassung

Das Ambisonics System erlaubt es einem, flexibel für verschiedene Mehrkanalkonfigurationen zu bleiben, ohne große Programmänderungen vornehmen zu müssen. Allerdings ist damit gleichzeitig auch eine der größten Limitierungen angesprochen: Mehrkanalsetups. Hat man in Karlsruhe noch das Glück, von ZKM und der Ausstattung des ComputerStudios der HfM Karlsruhe profitieren zu können, so bleibt doch nach wie vor die gängigste Lautsprecheranordnung bei größeren Beschallungsanlagen die Stereofonie.

Um auch damit arbeiten zu können, muss auf das Ambisonics System verzichtet werden. Doch selbst mit dieser Einschränkung lässt sich die Verräumlichung gut realisieren. Indem man eine weitere Dimension durch Ausnutzung der Tiefe simuliert, kann man mithilfe von Amplitudenverringern, Tiefpassfilter, künstlichem Hall und Dopplereffekt die Klänge quasi hinter die Bühne bewegen.

Diese Fassung wurde bisher noch nicht realisiert, besteht aber schon als Konzept, um dem Setup die Limitierung der Mehrkanalkonfigurationen zu nehmen, auch wenn die Präferenz immer eine das Publikum umgebende Verräumlichung haben wird.

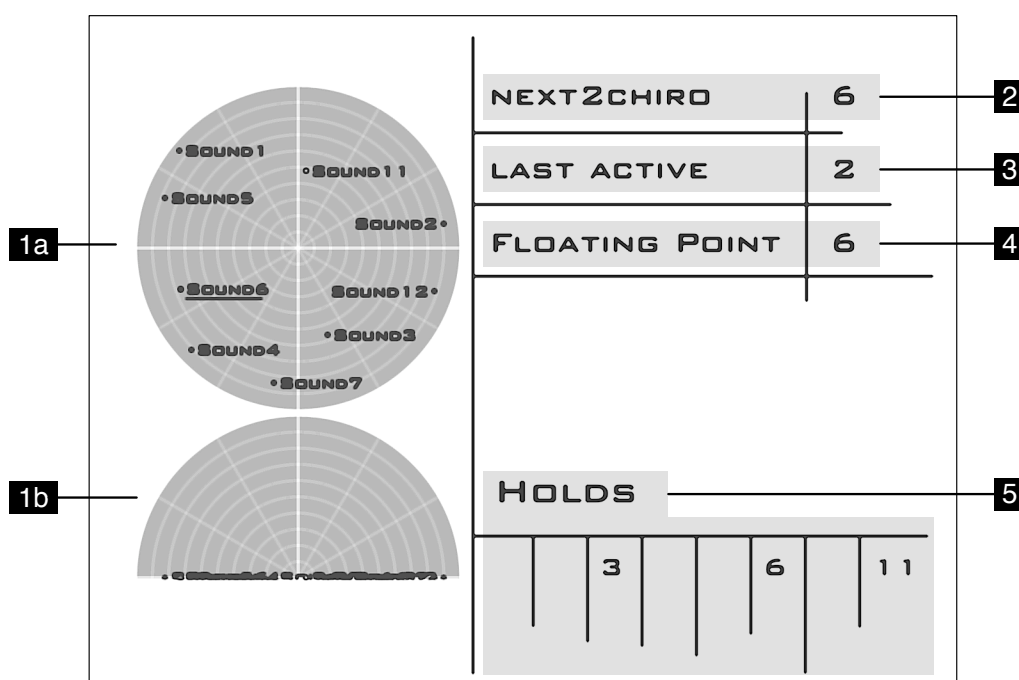


Abbildung 5.5: Elemente der Anzeige auf den Monitoren

5.4 Monitoranzeige

Da beide Instrumente hauptsächlich mit semiotischen²⁰ Gesten gesteuert werden, ist die Rückmeldung über das eigene Spiel zunächst gleichzeitig auch schon das akustische Ergebnis ihrer Aktion (siehe auch Abbildung 2.1 auf Seite 2). Um den Musikern eine erste Rückmeldung²¹ ihres Spiels zu geben, wurde eine Anzeige entworfen, die grundsätzliche Informationen über das Geschehen beinhaltet und es den Spielern ermöglicht, ihre Aktionen auf visuelle Weise mitzuverfolgen und zu kontrollieren. Diese Anzeige erscheint auf zwei Monitoren, die vor und hinter den beiden Spielern auf dem Boden platziert werden. Damit haben die Spieler so gut wie immer einen der Monitore im Blickfeld.

Die Oberfläche besteht aus insgesamt fünf unterschiedlichen Elementen und wird im Folgenden ausgehend von Abbildung 5.5 beschrieben:

²⁰M. Wanderley unterscheidet zwischen haptischen und semiotischen Gesten, eine Differenzierung, ob ein physikalischer Kontakt auftritt oder nicht (vgl. Miranda, Wanderley 2006, S. 5f.).

²¹Ebda. S. 11.

1 Ambisonics Spatialisierung

Auf der linken Seite befindet sich die Anzeige der Klangpositionen in Ambisonics. Die Anzeige selbst ist Teil der benutzten Ambisonics External in Max/MSP.

1a stellt die Draufsicht auf die Klangquellenverteilung in Ambisonics dar. Da die Bewegung der Klänge immer nur in einem Wertebereich zwischen 0° und 360° geschieht, wurde die Ausrichtung so gewählt, dass der oberste Punkt des Kreises 0° darstellt, und die Zunahme der Winkelkoordinate im Uhrzeigersinn verläuft.

1b zeigt die Vorderansicht der Klangquellenverteilung in Ambisonics und die Klangbewegungen in der Höhendimension. Wie auf dem Bild zu erkennen, befinden sich alle Klänge auf dem „Boden“, also auf der untersten Ebene.²² Dies kommt daher, dass der Kuppelflug bisher nie eingesetzt wurde (vgl. auch Kapitel 5.3.4 auf Seite 36) und die Klangpositionierung sich dadurch tatsächlich immer nur auf einer zweidimensionalen Fläche bewegte.

Zu den neun Positionen der Klänge ist auch die virtuelle Position des Handschuhs markiert. Diese wird als leerer Unterstrich gekennzeichnet, um somit bei gegriffenem Klang („Floating Point“) diesen als unterstrichen zu markieren, da sich dann beide am exakt selben Ort befinden und die Bezeichnungen sich überlagern. In Abbildung 5.5 ist der „Floating Point“ der Klang mit der Ziffer 6, und wird daher in **1a** auch unterstrichen angezeigt.

2 „next2chiro“

Das *next2chiro*-Feld gibt an, welcher der Klänge sich am nächsten zum Chirotron befindet.²³ Dadurch sieht man auf einen Blick, welcher Klang genommen wird, wenn die entsprechende Aktion mit dem Handschuh ausgeführt wird.

²²Das Ambisonics System erlaubt es auch, Klänge in der unteren Halbkugel, also quasi unter dem Spieler/Zuhörer zu platzieren. Allerdings ist dies alleine schon wegen der technischen Umsetzung nur mit viel Aufwand zu realisieren und für unsere Konzeption nicht weiter relevant gewesen.

²³Vgl. auch die Ausführungen zur *next2chiro*-Funktion auf S. 33.

3 „last active“

Die *last active* Anzeige gibt Auskunft über den zuletzt vom Sensor-table ausgelösten Klang.²⁴ Damit hat man eine optische Rückgabe welcher Klang mit dem Chirotron bei Aktivierung des entsprechenden Schalters genommen werden wird, und sichert sich wortwörtlich vor *Fehlgriffen*.

4 „Floating Point“

Der *Floating Point* dient zur Anzeige des gerade gegriffenen Klangs. Wenn kein Klang vom Chirotron genommen bzw. ein Klang wieder abgelegt wurde, erscheint in der Anzeige lediglich ein Minuszeichen.

5 Holds

Die Holds markieren diejenigen Klänge die sich gerade in der *Hold-Funktion* befinden. Dabei handelt es sich um eine Funktion, die der Sensor-table ausführen kann, um Klänge zu halten. Dazu muss der jeweilige Klang zunächst auch vom Sensor-table gespielt werden. Wird während des Spielvorgangs mit der zweiten Hand oder einer Armbewegung die Hold-Funktion auf einem anderen Sensor abgerufen, so schaltet sich dieser Klang in die Hold-Funktion und klingt auch beim Zurückziehen beider Hände weiter. Um die Hold-Funktion abzuschalten, wiederholt der Spieler am Sensor-table diesen Prozess.

²⁴Vgl. auch die Ausführungen zur *last active*-Funktion auf S. 34.

6 Das Stück „Floating Points“

Das Stück *Floating Points*, das am 28. Januar 2011 im ZKM_Kubus in Karlsruhe uraufgeführt wurde, ist das erste künstlerische Ergebnis der Zusammenarbeit von Chirotron und Sensor-table und dem System Floating Space. Es besteht aus sechs Abschnitten und hat eine Gesamtdauer von etwa 13–15 Minuten. Die einzelnen Abschnitte stehen oft kontrastierend zueinander, sowohl klanglich als auch performativ.

Die Struktur des Stücks wurde nach ersten konzeptionellen Skizzen massiv von den Proben beeinflusst und hat dadurch erst seine letztendliche Form erhalten. Dies hängt damit zusammen, dass im Verlauf der Entwicklung die Spielweise der Instrumente erst erlernt werden musste. Dabei musste manche konzeptionelle Idee wieder verworfen werden, andere Ideen wurden dagegen auch als neue Funktionen implementiert.

Auch die Möglichkeit der Interaktion über performative Handlungen wurde miteinbezogen. Gewisse Abschnitte wurden nicht nur klanglich definiert, auch choreographische Elemente sind an manchen Stellen bewusst hinzugefügt worden, um über die synchronisierten Bewegungen der beiden Spieler eine weitere Form des Ausdrucks zu erlangen.

Alle Klänge wurden speziell für das Stück entworfen und wurden ausschließlich durch unterschiedliche Klangsyntheseverfahren erstellt. Auch wenn man in der elektronischen Musik zunächst die vermeintlich komplette Freiheit hat, neue Klänge zu erzeugen, so hat das Setup doch auch starken Einfluss auf die Ästhetik ausgeübt. Einer der Klänge besitzt zum Beispiel eine erkennbare, relativ hochklingende Tonhöhe, auch wenn diese durch unruhiges „Klirren“ kein harmonisches Obertonspektrum besitzt.

Dieser Klang ist auch ein gutes Beispiel für die ästhetischen Eigenschaften, die für einen spatialisierten Klang von Vorteil sein können. Die gleichbleibende Tonhöhe verdeutlicht den Dopplereffekt viel stärker als bei eher geräuschhaften Klängen, und führt dadurch zu einer besseren Ortung. Auch das unruhige, klirrende Obertonspektrum hilft, den Klang besser zu lokalisieren. Ein komplett stehender Klang könnte gerade bei sinusähnlichen Tönen im Gegenzug nur sehr schwer geortet werden.

Das Stück Floating Points ist nach Ansicht des Autors als Studie mit dem System Floating Space zu betrachten. Die musikalische Ausarbeitung war in der Entstehungsphase nicht einfach, da neu implementierte Funktionen oft zu einem radikalen Umdenken geführt haben. Dadurch war es aber möglich, erste Erfahrungen mit den neuen Instrumenten zu sammeln. Erst diese Erfahrungen ermöglichen den realen Bezug zur Spielweise des Instruments, der die Voraussetzung für jede weitere Art der musikalischen Auseinandersetzung darstellt.

7 Schlussbemerkung

Sowohl das Chirotron als Gesten-Controller als auch die Floating Space Umgebung bieten eine Fülle an Erweiterungsmöglichkeiten. Die ersten Etappen bei der Entwicklung eines digitalen Musikinstruments und seiner Anwendung im musikalischen Kontext konnten erfolgreich abgeschlossen werden. Allerdings macht ein Instrument auch immer nur dann Sinn, wenn auch Musik damit gemacht wird. Daher wird es in Zukunft nicht nur um die technische Verbesserung, sondern besonders um die Erschaffung eines Repertoires gehen, das vielleicht auch weitere Musiker oder Komponisten dazu ermutigt, Musik für Chirotron und Sensor-table zu schreiben.

Auch das positive Feedback, das wir zur Arbeit mit den digitalen Musikinstrumenten erfahren haben (zuletzt auf dem *Music and Sonic Art Symposium* in Baden-Baden), hat uns motiviert, das Floating Points System auch in Zukunft noch öfter einzusetzen.

Quellenverzeichnis

- Albring, Maximilian: *Interaktionsmöglichkeiten mit digitalen Musikinstrumenten*, Diplom Technische Universität Dresden 2008
- Ferreira-Lopes, Paulo; Schneiderbanger, Matthias; Vierling, Michael: Sensor-table and Chirotron. Two Digital Musical Instruments for Collaborative Performance, in: *Music and Sonic Art: Practices and Theories. Symposium Proceedings – Volume II*, Tecumseh (Ontario) 2011, S. 31–37
- Gieseler, Walter: *Komposition im 20. Jahrhundert*, Celle 1975
- Harada, Tsutomu u.a.: Real Time Control of 3D Sound Space by Gesture, in: *ICMC Proceedings 1992*, San Jose, California 1992, S. 85–88
- Jehan, Tristan; Freed, Adrian; Dudas, Richard: Musical Applications of New Filter Extensions to Max/MSP, in *ICMC Proceedings 1999*. Peking 1999, S. 504–507
- Kocher, Philippe: *Raumklang mit Ambisonics in Max/MSP*, o.O. 2007, online verfügbar auf http://www.icst.net/uploads/media/Ambisonics_in_MaxMSP.pdf (abgerufen am 13. August 2011)
- Marshall, M. T. u.a.: On the Development of a System for Gesture Control of Spatialisation, in: *ICMC Proceedings 2006*, New Orleans 2006
- McCartney, James: SuperCollider: a new real time synthesis language, in: *ICMC Proceedings 1996*, Hongkong 1996
- Miranda, Eduardo; Wanderley, Marcelo: *New Digital Musical Instruments. Control and Interaction Beyond the Keyboard*, Middleton, Wisconsin 2006
- Mulder, Alex: The I-Cube System: moving towards sensor technology for artists, in: *International Symposium on Electronic Art (ISEA) Proceedings 1995*, Montréal, Canada 1995
- Odendahl, Manuel; Finn, Julian; Wenger, Alex: *Arduino – Physical Computing für Bastler, Designer und Geeks*, 2. Auflage. Köln: O'Reilly Verlag 2010
- Oechslin, Mathias; Neukom, Martin; Bennett, Gerald: *The Doppler Effect – an Evolutionary Critical Cue for the Perception of the Direction of Moving Sound Sources*, Beitrag zum Symposium *Musik im Raum* am 23. Juni 2007 im ZKM, Karlsruhe 2007

- Peters, N. u.a.: Spatial Sound Rendering in Max/MSP with ViMiC, in: *ICMC Proceedings 2008*, Belfast 2008
- Puckette, Miller: Max at Seventeen, in: *Computer Music Journal, Volume 26, Issue 4*, Massachusetts 2002, S. 31–43
- Roads, Curtis: *The Computer Music Tutorial*, Massachusetts 1996
- Schacher, Jan: Gesture Control of Sound in 3D Space, in: *NIME Proceedings 2007*, New York 2007
- Schacher, Jan: Seven Years of ICST Ambisonics Tools for MaxMSP - A brief report, in: *Proceedings of the 2nd International Symposium on Ambisonics and Spherical Acoustics*, Paris 2010
- Schneiderbanger, Matthias: *Chirotron. Entwicklung eines Datenhandschuhs zur Verwendung im musikalischen Kontext*, Seminararbeit Hochschule für Musik Karlsruhe 2011
- Tee, Jonathan: Visible Sounding. Audio-visual Listening in 1950s' Multi-channel Interiors, in: *Music and Sonic Art: Practices and Theories. Symposium Proceedings – Volume II*, Tecumseh (Ontario) 2011, S. 80–84
- Teruggi, Daniel: Technology and musique concrète. The technical developments of the Groupe de Recherches Musicales and their implication in musical composition, in: *Organised Sound 12*, Cambridge 2007, S. 213–231
- Zvonar, Richard: *A History of Spatial Music*, o.O. 2005, online verfügbar auf http://cec.sonus.ca/econtact/Multichannel/spatial_music.html (abgerufen am 12. August 2011)