

# spatialétude

*Projektbeschreibung*

**Roman Haefeli, 2008**

**Vertiefung Mediale Künste / ZHdK**

Mentoren:

**Alexander Tuchacek**

**Dr. Felix Stalder**

## Inhaltsverzeichnis

ABSTRAKT.....	2
KLÄNGE.....	3
Klangobjekte .....	3
UMSETZUNG.....	5
Persönliche Praxis.....	5
Tracking.....	5
Spatialisierung.....	6
AUSSTELLUNGSGESTALTUNG.....	6
Kopfhörer.....	6
Räumliche Situation.....	7
REFLEKTION.....	8
DANK.....	10

### **ABSTRAKT**

*spatialétude* ist eine begehbare Klanglandschaft, die mittels Kopfhörer erkundet werden kann. Die Bewegung des Besuchers durch den Raum verändert seine akustische Perspektive. Klangobjekte können von allen Seiten 'betrachtet' werden und bieten gleichzeitig einzige Orientierung im visuell neutralen Ausstellungsraum. Die Arbeit behandelt Klänge als dreidimensionalen Raum und setzt Bewegung als musikalisches Gestaltungsmittel ein. Wie der Titel schon andeutet, ist die Arbeit eine Studie, die versucht, den Raum mit rein akustischen Mitteln zu gestalten und zu definieren. Es kommen musikalische Elemente zum Tragen, die - für sich genommen - separate Objekte darstellen, im Zusammenhang aber ein Ganzes ergeben. Die Arbeit benutzt binaurale Spatialisierung von Klängen, um den Besucher zu animieren, sich auf sein Gehör zu verlassen und sich durch seine Fähigkeit des Richtungshörens im Raum zu orientieren. Dabei steht der Vorgang des Hörens selbst im Vordergrund und nicht das Transportieren eines bestimmten Inhalts. Mit elektronischen, also abstrakten Klängen wird der Raum modelliert. Es entsteht eine Hörerfahrung, die sich grundlegend unterscheidet von der konventionellen Musikrezeption (Konzert oder Konserve), da der Hörer aufgefordert wird, das Klanggeschehen aktiv zu erkunden, statt ihn an eine vorgegebene Position zu fesseln (Sessel im Konzertsaal, *Sweet Spot*<sup>1</sup> bei der Stereoanlage). Was üblicherweise von einem starren zeitlichen Ablauf vorbestimmt wird, nämlich der Verlauf des Musikstücks, wird nun vom Hörer selbst durch seine eigenen Bewegungen herbeigeführt. Dies geschieht in einem immersiven *fluiden* Raum, wo die Klänge zwar ihre Position haben, aber verschiedenartig ausstrahlen, sich überlagern und auf den Hörer reagieren. Die erhöhte Autonomie, die die Möglichkeit der

---

1 Als *Sweet Spot* wird der Ort bezeichnet, an dem sich der Klang aus einem Stereo- (oder auch Mehrkanal-)System 'optimal' abbildet, wobei alle anderen Hörpositionen automatisch als 'nicht optimal' gelten, da Verschiebungen im Abbild auftreten.

aktiven Beobachtung mit sich bringt, verlangt aber auch die Bereitschaft (Fähigkeit?), den sonst eher dominanten Sehsinn hinten anzustellen und dem Gehör gänzlich zu vertrauen.

## **KLÄNGE**

Der Klangraum wird gefüllt mit fünf verschiedenen Klangobjekten. Die Klangobjekte haben eine (variable oder fixe) Position und weisen ein Verhalten auf, das abhängig ist von der Konstellation der Hörerin zu den einzelnen Objekten. Das Verhalten manifestiert sich in einer Veränderung der klanglichen Eigenschaften der einzelnen Objekte und orientiert sich an physikalischen Vorgängen und am Verhalten von realen Klangkörpern, sodass die Auswirkungen der Bewegungen der Hörerin auf die Objekte möglichst lesbar bleiben und die Orientierung nicht durch zuviel nicht entschlüsselbare Vorgänge beeinträchtigt wird. Die Klänge selbst sind jedoch abstrakt, wodurch eine grosse Freiheit in der Ausgestaltung der einzelnen Klänge ausgeschöpft werden konnte. Die Klänge wurden alle in *Puredata*<sup>2</sup> programmiert bzw. modelliert<sup>3</sup>, wobei gewisse Teile aus anderen Projekten (vorallem aus *netpd*<sup>4</sup>) übernommen und angepasst wurden. Der Vorteil mit eigenhändig programmierten Sounderzeugern macht sich in der Möglichkeit bemerkbar, auf beliebige Parameter, selbst auf solche, die ursprünglich nicht vorgesehen waren, Einfluss zu nehmen. Das Arbeiten gestaltet sich daher viel dynamischer und führt zu interessanteren Resultaten als mit fertigen, nicht weiter modifizierbaren Klangerzeugern (z.Bsp. kommerzielle Software-Synthesizer).

### **Klangobjekte**

Die Klangobjekte befinden sich alle in der *aktiven Zone*, also in dem Bereich, welcher von der Trackingkamera abgedeckt wird. Verlässt die Besucherin diese Zone, verschwinden die Klänge sofort und ein statischer Klang (aus Sinustönen und Rauschen) wird hörbar. Dieser Klang hat die Funktion, die Grenzen der aktiven Zone zu markieren.

### **Beat**

Der *Beat* setzt sich aus zwei einfachen Klängen zusammen: Einem Bassdrum ähnlichen Sound und einem elektronischen Hi-Hat. Er spielt fortlaufend dasselbe rhythmische Muster im Loop, während er bei jedem Schlag im Uhrzeigersinn von einer Ecke der aktiven Zone zu nächsten wandert. Die Hörerin wird also ständig vom *Beat* umkreist,

---

2 *Puredata* ist eine graphische Programmierumgebung, mit der Datenströme unterschiedlichster Natur, vorallem aber Audio, in Echtzeit prozessiert und ausgegeben werden können. <http://puredata.info/>

3 Die Arbeit mit *Puredata* ist oft eine Mischung aus kreativer Gestaltung und technischer Umsetzung. Weil es bei diesem Prozess keine strikte Trennung dieser Bereiche gibt, fliessen Technik und Gestaltung in vielen Entscheidungen ineinander über.

4 *netpd* ist eine offene kollaborative Umgebung, realisiert in *Puredata*, die es mehreren Benutzern erlaubt, ortsunabhängig und in Echtzeit elektronische Jamsessions zu veranstalten. Das Projekt startete kurz vor meiner Studienzeit und hat sich seither ständig und unter Mithilfe anderer Autoren weiterentwickelt. ( <http://www.netpd.org> )

während sie die Klänge erkundet. Er wird also zum ständigen Begleiter und soll den Eindruck vermitteln, sich *in einem* Musikstück zu befinden.

Durch unterschiedliche Positionen ergeben sich verschiedene Akzentuierungen des Rhythmus, welche durch distanzabhängige Ausklangzeiten des Basses verstärkt werden.

### **Pendel**

Es handelt sich um einen stehenden Akkord von Tönen, wobei man in diesem Fall eher von einem 'hängenden Akkord' sprechen müsste. Die Energie von den Kopfbewegungen des Besuchers wird auf dieses Klangobjekt übertragen, wodurch dieses zu pendeln beginnt. Ohne Aktivität des Besuchers schwingt das *Pendel* langsam aus, bis es schliesslich zum Stillstand kommt.

Durch unterschiedliche Konstellationen von Besucher und *Pendel* und je nach Schwingungsstärke ergeben sich interessante Klangmuster, welche zum Spiel mit dem sehr einfachen physikalischen Modell anregen.

### **Wolke**

Die *Wolke* ist ein Haufen von Klangpartikeln, die sich über einen definierten Bereich verteilen. Die Tonhöhe der einzelnen Partikel korreliert mit der physikalischen Höhe. Von aussen ist die *Wolke* lokalisierbar wie die übrigen Objekte. Befindet man sich jedoch mittendrin, wird man ganzlich von ihr eingehüllt.

Die Partikel verändern ihre klanglichen Eigenschaften mit der Blickrichtung des Besuchers. Das Spektrum reicht von chaotisch/disharmonisch zu geordnet/harmonisch, von spitz klickend zu weich prasselnd.

### **Texturmorph**

Wie beim *Pendel* erklingt hier ein stehender Akkord, aber diesmal mit fixer Position. Stehende Klänge eignen sich gut, um Bezugspunkte im Raum zu schaffen, da man sie, im Gegensatz perkussiven oder sonst sich stark verändernden Klängen viel besser lokalisieren kann, da dann bei Bewegung die Veränderung des Klanges ausschliesslich der Spatialisierung zugeordnet werden kann und eine Änderung in der Lautstärke als Distanzänderung gedeutet wird (und nicht etwa als eine Veränderung des Klanges selbst). In Anlehnung an die Tatsache, dass physikalische Klangkörper (beispielsweise ein Lautsprecher oder ein Musikinstrument) nie alle Frequenzen gleichmässig in alle Richtungen ausstrahlen, verändert der *Texturmorph* beim Umkreisen den Klang auf eine Weise, die man vielleicht als 'Verformen der Oberfläche' beschreiben könnte.

### **Interferenzler**

Der *Interferenzler* besteht aus zwei identischen Klangobjekten, die zueinander leicht örtlich versetzt sind. Die beiden Objekte reagieren auf Nähe: Sie beschleunigen ihren

Rhythmus und steigern die Tonhöhe bei abnehmender Distanz. Beim Ausloten der Zone zwischen beiden Objekten entstehen rhythmische Überlagerungen (Interferenzen), da selbst vorsichtige Bewegungen zu minimalen Tempoverschiebungen mit grossen Auswirkungen führen.

## **UMSETZUNG**

### **Persönliche Praxis**

Die technische Realisierung Projekte dieser Art ist generell stark abhängig von der eigenen künstlerischen Praxis. Ein Künstler hat natürlich die Möglichkeit, die Anforderungen zu definieren, um dann die technische Umsetzung an Professionelle aus dem entsprechenden Feld zu delegieren. Mit genügend finanziellen Mitteln lassen sich so auch technisch relativ aufwändige Projekte realisieren, ohne sich zu stark mit der technischen Materie befassen zu müssen. Bei meiner eigenen Arbeitsweise gibt es jedoch keine strikte Trennung zwischen Gestaltung und technischer Umsetzung, sondern stellen diese Bereiche Prozesse dar, die sich gegenseitig bedingen und beeinflussen. Das Prinzip der *Black Box*, die stoisch ihre Aufgabe erfüllt, ist mir suspekt. Die Arbeit mit Elementen, die eine Offenheit repräsentieren, zugänglich, nicht zu teuer, allgemein erhältlich, kontextabhängig verschiedenartig einsetzbar sind, sich modifizieren lassen und den Einblick in die Funktionsweise nicht verbergen, ist mir wichtig, denn oft entstehen Projekte nicht von Grund auf neu, sondern bauen auf Bestehendes auf und/oder re-arrangieren bestehende Elemente, in konzeptioneller wie in technischer Hinsicht. Meine Praxis ist keineswegs isoliert und unbeeinflusst von anderen Künstlern/Musikern/Programmierern/Praktikern, sondern ich sehe mich als Mitglied einer losen Gemeinschaft<sup>5</sup>, die ihr Know-how teilt und sich gegenseitig hilft, wodurch der kollektive Erfahrungsfundus enorm vergrössert wird.

Dies soll als Erklärung der Wahl von Soft- und Hardware für dieses Projekt ausreichen.

### **Tracking**

Für die korrekte Spatialisierung der Klänge musste eine Trackinglösung gefunden werden, die sowohl die Position (zumindest zwei Dimensionen davon) und die Ausrichtung des Kopfes erfasst. Da kein System bekannt war, das erschwinglich ist und nicht zu starke Eingriffe in die Raumsituation verlangt, wurden die Erfassung der Positions- und der Orientierungsdaten mit zwei separaten Systemen bewältigt. Für das Positionstracking wurde eine handelsübliche *Wiimote*<sup>6</sup> an der Decke montiert, deren Infrarot-Kamera einen am Kopfhörer montierten IR-LED-Array erkennt und dessen Koordinaten trackt. Um den Sichtwinkel für eine grössere Abdeckung zu erweitern, wurde die Kamera der *Wiimote* mit einer Weitwinkeloptik aus einer ausgedienten

---

5 Die Community um die Software *Puredata* (und andere ähnliche gelagerte Projekte).

6 günstiges, vielseitig einsetzbares Steuergerät für die Spielekonsole *Wii* von *Nintendo*.

Fotokamera versehen. Die Kopfausrichtung wird mit einer ebenfalls am Kopfhörer montierten *Inertial Measurement Unit* (IMU 6 Degrees of Freedom) gemessen. Dabei handelt es sich, im Gegensatz zum Tracking mit einer Kamera, um ein relatives System ohne fixen Referenzpunkt, das jeweils die Abweichung vom letzten eigenen Zustand misst. Drei zueinander orthogonal angeordnete Winkelgeschwindigkeitssensoren (elektronische Gyroskope) messen Roll-, Nick- und Gierbewegungen des Kopfes. Da diese Messart einen fixen Referenzpunkt vermisst, ist ein kontinuierlich wachsender Fehler nicht vermeidbar. Deshalb wurde der Kopfhörer mit zwei IR-LED-Arrays bestückt, sodass in bestimmten Situationen der Gierwinkel aus den Koordinaten beider Arrays berechnet werden kann, um das relative Orientierungstracking immer wieder nachzujustieren. Die Berechnung der Position und Orientierung aus den Rohdaten geschieht in *Puredata*.

## **Spatialisierung**

Die üblichen und einfach zu implementierenden Verfahren, um ein Audiosignal auf zwei Kanäle (links und rechts) zu verteilen, nämlich die *Intensitäts- und Laufzeitstereofonie*, reichten für mein Vorhaben nicht aus, da Klänge ja nicht nur entlang einer Achse geortet werden sollen, sondern im Raum verteilt sind und auch so wahrgenommen werden sollen. Die Ortung von oben/unten und vorne/hinten ist jedoch komplexer als die Ortung links/rechts, da diese durch richtungsabhängige Filterung des eintreffenden Schalls durch die Ohrmuschel funktioniert. Es ist jedoch möglich, mit einem Kunstkopfmikrofon diese ohrmuschelbedingte Klangveränderung zu messen, während eine einzelne Messung aber nur für einen spezifischen Einfallswinkel gilt. Mit einer genügend hohen Anzahl Messungen erhält man jedoch ein Raster, das fein aufgelöst genug ist, um Klänge *binaural*<sup>7</sup> zu spatialisieren. Das MIT bietet ein solches Set von Messungen, den sogenannten *HRTFs* (Head related transfer functions), auf seiner Website<sup>8</sup> an. Dieses Set wurde verwendet, um in *Puredata* ein Modul zu bauen, das die separate Spatialisierung von mehreren Klängen in Echtzeit erlaubt.

## **AUSSTELLUNGSGESTALTUNG**

### **Kopfhörer**

Da der Besucher nur den Kopfhörer zu sehen bekommt, wird vieles, worum es bei dem Projekt geht, über das Aussehen des Hörers kommuniziert. Gleichzeitig sollte der Fokus jedoch nicht zu sehr auf dem Geräte-Design liegen, sondern auf der Funktionalität. Da es sich um eine erste Versuchsanlage und um einen Prototyp handelt, wurde nicht versucht, die Technik zu verstecken, sondern offen exponiert. Einerseits soll damit mitgeteilt werden, dass hier mehr geschieht als die bloße Übertragung eines Audiosignals, andererseits steckt die Hoffnung dahinter, dass das Publikum vorsichtiger mit einem Gerät umgeht, das seine fragile Hybridität von Massenprodukt und Eigenbau offen zur Schau stellt, als mit einer 'slicker' *Black Box*.

---

<sup>7</sup> über Stereo-Kopfhörer abgespielt

<sup>8</sup> <http://sound.media.mit.edu/KEMAR.html>

## **Räumliche Situation**

Im Gespräch mit dem Gestalter unserer Ausstellung, Roland Roos, ergab sich, dass ich meine Installation an einem Ende des langen Korpus installieren sollte, denn so konnte der Kopfhörer auf einer angenehmen Höhe zum in die Hand nehmen positioniert werden. Da neben dem Korpus aus feuerpolizeilichen Gründen ein Korridor von mindestens 2.5m freigehalten werden musste, konnte die frei Fläche für die aktive Zone genutzt werden. Ich entschied mich dafür, die aktive Zone bewusst nicht an den Korpus angrenzen zu lassen, sodass sie durch nichts Visuelles oder Physisches definiert wird, sondern nur über den Klang selbst erfahrbar wird. Dies brachte jedoch das Problem mit sich, dass ein Besucher, der am Korpus stehend den Kopfhörer aufsetzt, sich ausserhalb der aktiven Zone befindet und für ihn nichts darauf hindeutet, dass er den Raum akustisch erkunden könnte. Ich habe deshalb vor der Halterung eine kurze Handlungsanweisung angebracht:

- 1. Kopfhörer aufsetzen**
- 2. 1-2 Schritte zurück**
- 3. Erkunden und hören**

Die Hörmuscheln des Kopfhörers wurden mit grossen Lettern **L** und **R** gekennzeichnet, damit der Kopfhörer nicht versehentlich verkehrt herum auf den Kopf gesetzt wird. Dieselben Lettern wurden auf beiden Seiten neben der Halterung angebracht, um anzudeuten, den Kopfhörer wieder so auf die Halterung zu setzen, sodass die nächste Besucherin ihn intuitiv richtig aufsetzt.

## **REFLEKTION**

Das Projekt weicht in einigen Punkten von den im Diplomantrag vorgestellten Ideen ab, während es meiner grundsätzlichen, seit Beginn weg bestehenden Motivation, den Raum akustisch zu gestalten, immer noch sehr nahe kommt. Die Künstlerin *Janet Cardiff* hat mich mit ihren Werken, die mit binauralem Audio arbeiten, sehr fasziniert. Wegen ihrer Stärke, die sie auf ihrem Gebiet entwickelt hat, war ich zeitweise versucht, meine Arbeit ähnlich anzulegen. Einige ihrer Werke, beispielsweise ihre berühmten *Audiowalks*, denen teilweise etwas Cinéastisches anhaftet, sind von der Struktur her grundsätzlich anders angelegt, als mein Vorhaben, das Diktat der Zeit aufzuheben und den Rezipienten selbständig seine Erfahrungen steuern zu lassen. *Cardiff* arbeitet mit realen Geräuschen, die sie zu komplexen Kompositionen montiert. Sie benutzt die Dimension der Zeit zur Entwicklung einer Dramaturgie, die den Besucher durch von ihr geschaffene Welten führt, ihn auf eine Reise mitnimmt, ähnlich wie die Kunst des Films einen 'mitzuziehen' vermag. Eine Dramaturgie solcher Intensität ist viel schwerer zu erreichen, wenn die Führung der Zeit fehlt. Wie könnte ich eine Klangwelt aus Geräuschen interessant gestalten, ohne etwas erzählen zu wollen, da sich das Erzählen nach einer linearen Zeit sehnt? Reale Geräusche erzählen jedoch immer etwas. Geräusche einfach im Raum zu verteilen war zu platt, oder zumindest schaffte ich es nicht, eine Vorstellung zu entwickeln wie man eine Erzählung ohne zeitlich Struktur anlegt. Diese Konflikte konnte ich lange Zeit nicht lösen und waren Anlass zu intensiven Gesprächen mit meinen Mentoren. Eigentlich war ich auch nicht am Erzählen interessiert, sondern an der Hörerfahrung selbst, während bei *Cardiff* die Hörerfahrung, die Verschmelzung ihrer Montagen mit den realen Umgebungsgeräuschen, Mittel zum Zweck der Narration ist und nur eine von vielen erlebten Dimensionen darstellt. Schliesslich entschloss ich mich, mit abstrakten musikalischen Elementen zu arbeiten, sozusagen ein begehbare Musikstück zu entwickeln. Dies befreite mich vom Zwang, etwas erzählen zu müssen, worin vermutlich nicht meine Stärke gelegen hätte. Abstrakte Klänge wollen nichts erzählen, sondern behalten den Fokus beim Vorgang des Hörens. Anstelle einer *Augmented Reality* entsteht so eine dynamische immersive Situation. Dynamisch deshalb, weil der Rezipient den Raum durch sein Erkunden mitgeneriert und verändert. Dabei handelt es sich nicht um eine Simulation eines physischen Raumes, sondern es wird einen Klangraum erzeugt, der nur in dem Medium der binauralen Klangerzeugung entstehen kann, einem Medium, das nicht statisch, sondern fluid ist, sich anpasst, auf das Betrachtet werden reagiert. In Anlehnung an Phänomene in der Quantenphysik könnte man sagen: Die Beobachtung verändert das Beobachtete.

Ursprünglich hatte ich geplant, das gesamte Tracking nur mit der *IMU 6 Degrees Freedom*-Einheit zu realisieren. Dies hätte einen viel grössere begehbare Zone ermöglicht, mit dem Nachteil (oder zumindest mit dem Nebeneffekt), dass Klänge nicht fix positioniert hätten werden können, da sich, bedingt durch das relative, auf Masseträgheit beruhende Prinzip, der Fehler zwischen gemessener und realer Position mit der Zeit ständig vergrössert hätte. Mir schien es jedoch wichtiger, dass man die Klänge gut orten konnte, wenn sie auch leicht herumgewandert wären. Die Positionsrechnung aus Beschleunigungsdaten stellte sich jedoch

als zu schwierig heraus, weil sich die Position aus dem zweiten Integral der Beschleunigung ergibt und somit der kleinste Fehler in der Beschleunigungsmessung sich in komplett unbrauchbaren Positionsdaten manifestiert. Das Positionstracking mit der *Wiimote* war zuerst nur eine Ausweichlösung. Schliesslich schien mir eine kleinere, dafür klar abgesteckte Zone für mein Vorhaben eines begehbaren Musikstücks sinnvoll, da ich das Komponieren in der Zeit in das Komponieren im Raum umwandelte, und dies nur möglich war, wenn die Klänge ihre Position nicht ständig veränderten.

Leider ist meine Installation noch nicht optimal ausstellungstauglich und braucht noch einiges an Betreuung. Falls ein Besucher den Kopfhörer nicht richtig auf die Halterung setzt, werden die Akkus tiefentladen, was ihnen dauerhaft schadet. Zudem funktioniert dann der Kopfhörer für den nächsten Besucher nicht. Deshalb ist es wichtig, dass die Aufsichtsperson immer wieder mal prüft, ob der Kopfhörer korrekt zurückgestellt wurde, was in der Diplomausstellung leider häufig versäumt wird. Obwohl die Software so gestaltet wurde, dass sie alle möglichen Funktionschecks durchführt und ausgefallene Teilsysteme re-initialisiert, kommt es doch immer wieder zu Ausfällen. Teilweise sind diese bedingt durch absichtliches Verstellen bestimmter Bedienelemente, die sich nicht unbedienbar machen lassen oder für den Ausstellungsbetrieb notwendig sind (z.Bsp. on/off-Schalter). Manchmal bricht die Bluetooth-Verbindung zur *Wiimote* ab und kann nicht wiederhergestellt werden, ohne alles neu zu starten. Diese Art Probleme sind jedoch sehr schwierig zu lösen, da sie sich innerhalb dessen abspielen, was aus meiner Warte gesehen die *Black Box* darstellt. An der Vernissage, wo ich die meiste Zeit die Installation im Auge hatte, wurde sie fast konstant benutzt und hatte durchwegs funktioniert, bis der Akku nach zweieinhalb Stunden leer war. Im gewöhnlichen Ausstellungsbetrieb sind die Pausenzeiten zwischen den Besuchern jedoch lang genug, um die Akkus wieder aufladen zu können.

Ich hatte die Möglichkeit genutzt, an der Vernissage und im normalen Ausstellungsbetrieb die Leute, die meinen Klangraum erkundeten, zu beobachten. Es zeigte sich, dass die Besucher sehr unterschiedlich darauf reagierten. Einige nahmen die Anweisungen sehr wörtlich, traten zwei Schritte zurück und blieben aufmerksam zuhörend stehen. Andere waren sehr forsch und verliessen die aktive Zone schnell und gingen durch den ganzen Korridor, während sie nur den Summton hörten. Sie schienen aber auch nicht frustriert, dass nicht mehr zu hören war. Teilweise zogen bereits andere Arbeiten in der Ausstellung die Aufmerksamkeit auf sich, während die Person immer noch meinen Kopfhörer trug, was bei mir den Eindruck hinterliess, dass die Arbeit nicht als aufdringlich oder didaktisch empfunden wird, sondern als ein Angebot, sich auf eine akustische Parallelwelt einzulassen (oder nicht). Andere wiederum loteten zuerst die *aktive Zone* aus und erkannten, dass die Klänge zu orten sind und auf Bewegungen reagieren. Sie begannen dann mit den Klangobjekten zu spielen, indem sie sie vorsichtig suchten und umkreisten, während sie vorallem mit dem Kopf für Aussenstehende eine interessante Choreographie boten. Auch wenn ich einige Besucher nicht direkt gesprochen habe, war ersichtlich, dass die Reaktionen ganz unterschiedlich und verschiedene Formen der Annäherungen an diese Art von Raumerfahrung möglich sind.

***DANK***

an meine Mentoren

**Alexander Tuchacek**

und

**Felix Stalder**

für die konzeptionelle Unterstützung; an

**Andres Bosshard**

für seine Anregungen bezüglich Klangraum-Gestaltung; an

**Oliver Wolf**

für die Beratung in elektronischen und baulichen Detailfragen; an

**Martin Kunz**

für seine Hilfe in Elektronik; an

**Yves Marx**

für das Anbieten seiner Kompetenzen im Gebiet der Optik; an

**Thomas Tobler**

für die Unterstützung in der Kopfhörergestaltung.