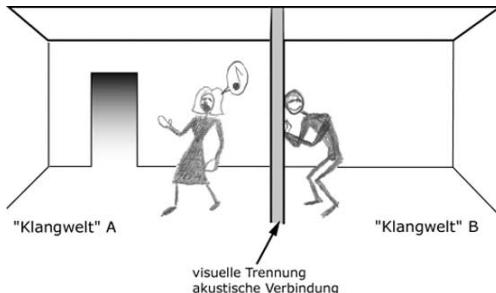




Übersicht



Wallbration ist eine Klanginstallation, die zwei voneinander entfernte Räume virtuell zueinander setzt.

Eine Wand trennt zwei Räume nur visuell vollständig, akustisch ist die Gegenseite, wenn auch verschleiert und gefiltert, wahrnehmbar. Wir gehen davon aus, dass das durch und in der Wand Gehörte "von nebenan" kommt und versuchen, aus den akustischen Informationen auf die tatsächlichen Geschehnisse zu schliessen. Mit dieser Wahrnehmung spiele ich, indem ich quasi "in die Wand" einen beliebig grossen Zwischenraum hineinbringe. Die Wand als akustische Trennung/Verbindung wird in die zwei Seiten aufgetrennt und neu inszeniert.

Die Installation besteht aus zwei Wänden, die in verschiedenen, nicht aneinander grenzenden Räumen stehen. Die Wände werden über Körperschall bespielt, wobei jede Wand den Klang des Raumes trägt, in dem die andere Wand steht. Da der Klang beinahe ausschliesslich über das Material der Wände und nicht über die Luft transportiert wird, wird er nur hörbar, wenn man an ihr horcht. Dies kann direkt mit dem Ohr, aber auch über ein Stethoskop geschehen.

Das Stethoskop ist, gewissermassen als Erweiterung der Ohrmuschel, nicht nur ein spezialisiertes Interface für den Körperschall der Wände, sondern wird auch zum Schlüssel für die persönliche Interaktion mit dem System: Jedes Stethoskop kann mit einem selbst erstellten Klang assoziiert werden, der den Benutzer bei der Interaktion mit der Installation repräsentiert. Dieser "akustische Avatar" ermöglicht es den Benutzern, eine Spur in der Installation zu hinterlassen und mit andern zu interagieren.

Designprozess: Fragestellungen von Wallbration

Wallbration ist eine interaktive Klanginstallation für den öffentlichen Raum. Diese Beschreibung beinhaltet schon die wesentlichen Elemente, die beim Design eine zentrale Rolle spielten:

- Human Computer Interaction
- Öffentlicher Raum und soziale Interaktion
- Sounddesign
- Interface und Installationsdesign

Im Folgenden möchte ich anhand dieser Punkte den Designprozess von Wallbration beschreiben. Das Interface- und Installationsdesign wird im Abschnitt "Systembeschreibung" eingehend beschrieben.

Human Computer Interaction (HCI)

Jedes System, das mit digitalen Medien und interaktiven Prozessen arbeitet, ist ein Mensch – Computer Interaktionssystem. Die Gestaltung dieser Mensch – Maschine – Interaktion sollte "Human Centered" sein, was bedeutet, dass im Designprozess nicht von den vorhandenen Technologien und Funktionen ausgegangen wird, sondern von den Bedürfnissen des Menschen. Die HCI – Forschung hat verschiedene Grundelemente für Human Centered Interfaces formuliert, die ich in die Gestaltung von Wallbration einfließen liess.

Disappearing Computer, Mixed Reality

Wir haben den Umgang mit unserer Umwelt von Kind auf gelernt und können intuitiv mit ihr umgehen. Die eigentlichen physikalischen, chemischen oder biologischen Systeme funktionieren im Verborgenen. Um eine möglichst "natürliche" Interaktion zu ermöglichen, "verschwindet" im Idealfall auch bei interaktiven Anwendungen das System, also Hard- und Software. Gleichzeitig sollte das System in die bestehende Umwelt, in der wir uns bereits zurechtfinden, integriert werden, und eine "Mixed Reality" ermöglichen, in der physikalische und digitale Welt sich ergänzen und miteinander verschmelzen.

In Wallbration ist das einzige, was der Benutzer vom System sieht, eine Wand und ein Stethoskop. Lediglich zur Erstellung des persönlichen Klanges wird noch ein Monitor benötigt.

	Die virtuellen, akustischen Inhalte der Installation verschmelzen mit der gegebenen akustischen Realität des öffentlichen Raumes zu einer "Mixed Reality".
Tangibility, Verkörperlichung	Die Metapher des "Disappearing Computers" birgt die Gefahr der Virtualisierung, was schlussendlich der eigentlichen sinnlichen Natur des Menschen entgegenläuft. Das ergänzende Gegenstück zum Disappearing Computer ist das "Tangible User Interface", das als physikalische Repräsentation des digitalen Prozesses wortwörtlich "erfassbar" ist.
	Dies wurde in Wallbration umgesetzt. Die Wände und das Stethoskop sind berührbare, physikalische Interfaces und nutzen so unseren gesamten Wahrnehmungsapparat. Die Verwendung eines Klangsystems, das vollständig ohne Stecker auskommt und eine grossflächige Interaktion ermöglicht, unterstützt diese explorative Aneignung des Systems.
Mentale Modelle, Affordances	Um eine intuitive und einprägsame Interaktion zu ermöglichen, muss eine mentale Verbindung zwischen dem sichtbaren Interface und dem unsichtbaren System hergestellt werden. Der sinnlich erfahrbare Teil des Interfaces vermittelt dem Benutzer ein mentales Modell des Systems, das mit dem tatsächlichen System möglichst genau übereinstimmen soll. Durch Formgebung und Materialwahl kann eine bestimmte Art der Benutzung suggeriert werden. Die Verwendung von wandähnlichen Gipsplatten unterstützt Interaktionen wie Klopfen oder eben Horchen. Das Stethoskop ist klar mit dem Prozess des Am - Körper - Hörens assoziiert, das mentale Modell der Benutzer stimmt also mit dem System überein, das auf der Metapher der Wand zwischen zwei Räumen aufbaut.
Öffentlicher Raum und Soziale Interaktion	Interaktion mit digitalen Medien findet im zunehmenden Masse im öffentlichen Raum statt, jedoch stören oder verhindern die Geräte des portablen, mobilen Zeitalters tendenziell die soziale Interaktion. Interaktionsdesign, das speziell auf den öffentlichen Raum ausgerichtet ist, sollte soziale Interaktion unterstützen.
	Da alle Diplome in einer Ausstellung öffentlich vorgestellt werden sollten, war es für mich naheliegend, meine Arbeit auf diesen konkreten, öffentlichen Raum auszurichten.

Wallbration war von Beginn an als Installation konzipiert, die nicht für sich stehend innerhalb der Ausstellung gezeigt wird, sondern in einem gewissen Sinne sich auf die Ausstellung als öffentlicher Raum bezieht.

Der erste Ansatz beabsichtigte, eine Klangwand pro Exponat aufzustellen, die akustisch das Exponat repräsentieren sollte. Aus verschiedenen Gründen war dies nicht möglich, und ich entwickelte ein Szenario, das die Idee zurück auf die eigentliche Raumbezogenheit brachte: Ich entschied mich, zwei Wände in den beiden Haupräumen der Ausstellung aufzustellen. Dieser Ansatz fokussiert noch stärker auf die "Wandmetapher" und dient schlussendlich der Verständlichkeit des Projektes.

Im Eingangsbereich steht eine "Klangkabine" (deren Funktion wird weiter unten erklärt) und die beiden Wände werden in den zwei Haupräumen der Ausstellung aufgestellt.

Zwischen diesen drei Punkten entsteht ein Netz sozialer Interaktion: Leute mit einem Stethoskop treffen aufeinander, tauschen Erfahrungen und Meinungen aus, erklären Leuten ohne Stethoskop die Bedeutung der Wände. Es gibt verschiedene Wege, Wallbration zu erfahren, zum Beispiel völlig unvorbereitet vor einer grossen Wand stehend, oder beim Ausstellungseingang, wo man vielleicht zuerst mit der Klangkabine konfrontiert wird.

Durch die Konstruktion der Wände ist ein reger sozialer Austausch möglich. Mehrere Personen können gleichzeitig mit dem System interagieren, und je mehr Erfahrung man mit dem System gesammelt hat, desto klarer wird die Verbindung in den anderen Raum, was zu völlig neuen sozialen Interaktionen führen kann.

Sounddesign

Wallbration erarbeitet mit Klang als zentralem Gestaltungsmittel in einem öffentlichen Raum eine Situation der sozialen Interaktion. Dieser Anspruch erforderte eine vertiefte Auseinandersetzung mit der Bedeutung des Klanges für die Wahrnehmung unserer (sozialen) Umgebung. Im Folgenden wird ein kurzer Überblick über die wesentlichen Punkte gegeben.

Klang und Individuum

Um echte Interaktion zu ermöglichen, muss der Benutzer eine systembezogene virtuelle Identität erhalten. Aus visuellen Systemen kennt man den Avatar, also eine visuelle Repräsentation des Benutzers. Die Idee des Avatars funktioniert dann, wenn sich der Benutzer mit seinem alter Ego identifizieren kann. Für Wallbration musste nun ein Weg gefunden werden, um einen ähnlichen Mechanismus zu ermöglichen.

Die Stimme als Medium lag auf der Hand, da sie ein sehr persönliches akustisches Markenzeichen ist, über das wir uns auch stark identifizieren. Doch darin liegt auch schon das Problem, bezogen auf eine öffentliche Raumsituation: Die Hemmschwelle, vor anderen Leuten frei und explorativ stimmlich mit einem System zu interagieren, ist sehr hoch.

Die Lösung lag darin, dem Besucher einen "privaten" Raum zur stimmlichen Interaktion zu bieten, in dem sie ihren "Klangavatar" erstellen können. Dieser Vorgang findet in der "Klangkabine" statt, die von den öffentlichen Fotokabinen inspiriert ist: ein quasi - privater Raum inmitten des öffentlichen, der es den Benutzern erlaubt, einen persönlichen, akustischen "Schnappschuss" von sich aufzuzeichnen. Der so erstellte Klangavatar wird dann mit einem Stethoskop assoziiert und erhält so eine physische Repräsentation.

Klang und Umgebung

Die nächste Ebene des klanglichen Designs ist die Ausstellung selbst. Das Verständnis des Soundscape und das Wissen um die Gesetzmäßigkeiten der akustischen Kommunikation spielen für das Sounddesign von Wallbration eine wesentliche Rolle. Denn wie stelle ich die inhaltliche Verbindung zwischen den zwei Wänden, und somit den beiden Räumen her?

Die Orientierung eines Individuums im akustischen Environment erfolgt unter Anderem über den sogenannten "Keynote Sound". Hiermit wird eine klangliche Konstante beschrieben, die eine bestimmte Umgebung akustisch definiert, ähnlich wie der Grundton in einem Musikstück die harmonischen Bezüge herstellt. Diesen Umstand verwende ich, um die Verbindung zwischen den beiden Räumen, in denen die Klangwände stehen, klar zu machen.

Gerade in Medienausstellungen werden die Räume oft stark durch ein oder zwei akustische Elemente definiert. Da diese permanent und repetitiv sind, werden sie zu Keynote Sounds,

die unbewusst unsere Wahrnehmung des Raumes beeinflussen und ihn in einen akustischen Kontext setzen. Demzufolge müssen die Keynote Sounds des jeweils anderen Raumes in die Wand eingespielt werden, so dass der Besucher, wenn er an der Wand horcht, den anderen Raum klar erkennen kann.

Klang und öffentlicher Raum

In der Regel spielt die klangliche Gestaltung des öffentlichen Raumes eine untergeordnete Rolle, so sie überhaupt stattfindet. Ein Hauptproblem ist die sogenannte Klangverschmutzung, was insbesondere in Ausstellungen, in denen multimediale Mittel verwendet werden, zum Tragen kommt. Ich suchte nach Möglichkeiten, ein kollektives Hörerlebnis zu ermöglichen, ohne den Klang direkt über Lautsprecher in den Raum zu strahlen. Dabei schloss ich die Verwendung von Kopfhörern aus, denn selbst wenn sie akustisch transparent sind, signalisiert das Tragen von Kopfhörern (beabsichtigte) Isolation und behindert die soziale Interaktion.

Die "diskrete" Form der akustischen Schallübertragung ist Körperschall. Dies wollte ich mir zunutze machen. Ich entwickelte die Idee, Wände über Körperschall zu vertonen, wobei beinahe keine Klangübertragung in den Raum stattfindet, aber dennoch ein kollektives Erleben der Klangwelt möglich ist.

Systembeschreibung

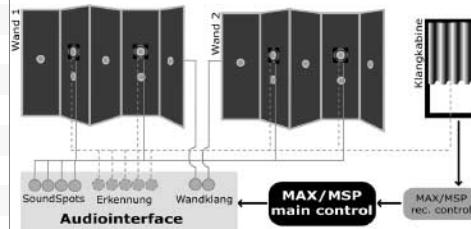
Eine charakteristische Eigenschaft der Projektarbeit für Wallbration war die enge Verknüpfung von technischer Forschung und Entwicklung mit der konzeptionellen Arbeit. Um die Idee der "klingenden Wände" umzusetzen, war eine ausgedehnte Materialforschung erforderlich, bei der die klanglichen Eigenschaften von verschiedenen Materialien wie Sperrholz, Kunststoff oder Gips ausprobiert und das beste Klang / Preis Verhältnis eruiert wurde. Die Konstruktion der SoundSpots war ein konstanter "Work in Progress",

da mit einem beschränkten Budget eine bestmögliche akustische Leistung erzielt werden musste. Und schlussendlich war die Identifizierung der Stethoskope an der Wand und die Assozierung des entsprechenden "Klangavatars" eine grosse Herausforderung.

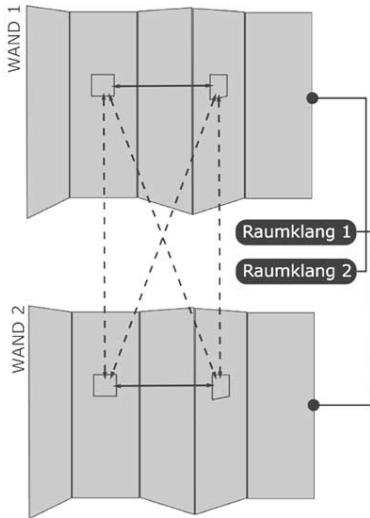
Ich werde im Folgenden die Entwicklungsarbeit bis zur fertigen Installation eingehend beschreiben. Dabei wird zuerst eine Systemübersicht gegeben, um anschliessend die einzelnen Elemente des User Interfaces, inklusive der Benutzererkennung, zu erläutern.

Systemübersicht

Die Installation besteht aus drei Hauptelementen: die beiden Klangwände und die Klangkabine zur Erstellung der persönlichen Klänge. Die Wände sind mit Lautsprechern ausgestattet, die Zentral über ein mehrkanaliges AudioInterface an einem Macintosh G4 mit MAX/MSP angeschlossen sind. Ein zweiter Macintosh mit MAX/MSP stellt das Benutzerinterface für die Klangkabine.



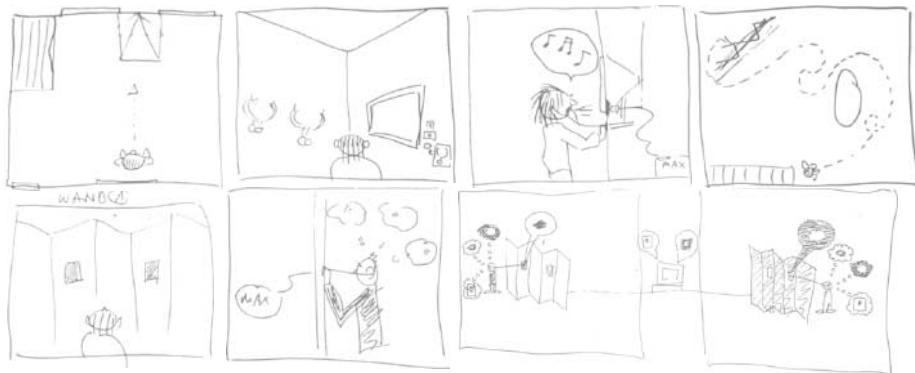
Die Interaktion läuft folgendermassen ab: In der Klangkabine finden die Besucher verschiedene Stethoskope vor. Wenn jemand damit das Interface der Klangkabine berührt, wird eine Aufnahmesequenz gestartet. Das dabei registrierte Sample wird vom System mit dem gewählten Stethoskop assoziiert. Wenn der Besucher mit dem Stethoskop an einer der beiden Wände den SoundSpot berührt, wird der entsprechende Klang abgespielt. Dabei "weiss" das System, an welchem Ort sich die Person befindet, und konfiguriert die Abspielparameter für jeden SoundSpot und die Wände dementsprechend.



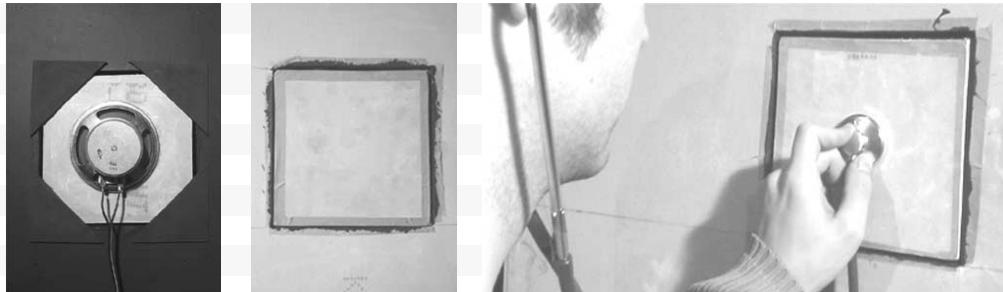
Da diese Dramaturgie offen und interaktiv ist, sind vielfältige Wege der Interaktion denkbar. Zum Beispiel könnten mehrere Besucher gemeinsam ein Stethoskop "bespielen" oder versuchen, mehrere Stethoskope so "aufzuladen", dass die verschiedenen Klänge miteinander in einer Beziehung stehen.

Das Mapping der Samples auf die Klangwände (ich werde sie in der Folge der Einfachheit halber als Wand1 und Wand2 benennen) resultiert aus der Metapher der "Wand zwischen zwei Räumen": Wand1 (inklusive SoundSpot) trägt den Klang des Raumes, in dem Wand2 steht, und umgekehrt. Dieser Sound ist, wie in Abschnitt "Klang und Umgebung" erwähnt, als exemplarischer Keynote Sound des betreffenden Raumes realisiert. Dieser Keynote Sound fungiert als akustischer Hintergrund, vor dem die Interaktionen der Besucher hörbar werden.

Für die Interaktion, den akustischen Vordergrund, sind die SoundSpots bidirektional verbunden. Das heisst, die Akteure beider Seiten hören sich selbst, den lokalen Nachbarn und die Gegenseite. Die Interaktionsklänge der entfernten Wand werden zusätzlich mit einem Hall versehen, um die physische Distanz zu unterstreichen. An den Wänden selbst verschmilzt der eigentliche Wandklang mit den Interaktionsklängen der SoundSpots.



Details User Interface	
Wandkonstruktion	Die Vision von Wallbration ist die Vertonung der tatsächlichen Wände eines Raumes. Da dies aus offensichtlichen Gründen im Rahmen einer Diplomarbeit schwierig zu bewerkstelligen wäre, wurden Wandattrappen konstruiert. Dabei war ein Ziel, den "Wandcharakter" verständlich zu machen und architektonisch auf den Raum einzugehen.
	Wir entwickelten eine selbststehende Konstruktion, die ohne zusätzliches Gerüst auskommt. Jede Wand besteht aus etwa sechs Gipsplatten, die ca. 80 cm breit und 250 cm hoch sind. Diese Platten werden über Scharniere verbunden und längsseits nebeneinander wie eine Ziehharmonika leicht gefaltet aufgestellt. Die gewählte Form erinnert an einen Paravent und unterstreicht so den offenen und experimentellen Charakter der Installation. Durch die Faltbarkeit kann die Wand auch den bestehenden Platzverhältnissen angepasst werden.
SoundSpots	Jede Wand wird mit zwei SoundSpots ausgestattet. Dies sind rechteckige Flächen, die aus der Wand ausgeschnitten und dann über eine schalldämpfende Aufhängung von der Wand entkoppelt werden. Durch einen eigenen Lautsprecher können diese Flächen als eigene Kanäle genutzt werden. Die SoundSpots dienen auch als Interface zur Benutzeridentifikation (Siehe nächster Abschnitt).
	Gegenüber nur einem hat die Verwendung von zwei SoundSpots mehrere Vorteile: Die gleichzeitige Interaktion von zwei Besuchern wird möglich, dadurch eröffnen sich zusätzliche Formen der sozialen Interaktion, die auch die Interaktion der Besucher mit dem System beeinflusst. Zusätzlich wird die Hemmschwelle zum Interagieren verringert, da ein gewisser Nachahmungseffekt möglich ist, wodurch auch das System an Verständlichkeit gewinnt. Man ist so nicht gezwungen, sich alleine zu "exponieren". Auf technischer Seite erhöht die Verwendung von zwei Interfaces mit der gleichen Funktion die Redundanz, da bei einem Ausfall eines Spots der zweite weiterhin verwendbar ist. So kann die Funktionssicherheit trotz leichtem Mehraufwand bei Programmierung und Konstruktion erhöht werden.



SoundSpots Vorder- und Rückseite

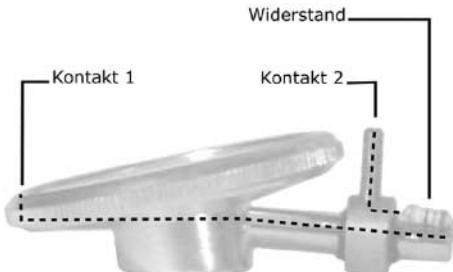
Klangkabine



Wie erwähnt ist die Idee der Klangkabine inspiriert durch die Fotoautomaten, die zum Beispiel in Supermärkten stehen. Sie gibt den Besuchern die Möglichkeit, in einem relativ "geschützten" Rahmen ihre Klänge aufzunehmen. Dabei war allerdings eine kleine Abweichung vom Konzept notwendig: Eine rein akustische Benutzerführung hat den Nachteil, dass sie nicht permanent "im Hintergrund" präsent sein kann, bis jemand in die Kabine eintritt. Es würden zusätzliche Sensoren notwendig, die das Eintreten einer Person in die Kabine registrieren würden, um sie dann zur Interaktion aufzufordern. Deshalb wird in der Kabine eine rudimentäre visuelle Benutzerführung verwendet, die dauernd sichtbar sein kann, um den Besucher bei seinem Eintreten zur Interaktion aufzufordern.

Benutzeridentifikation über das Stethoskop

Um den Besuchern die Möglichkeit zu geben, ihre persönlichen Klänge in das System einzubringen, muss die Wand, an der die Interaktion stattfindet, den Benutzer "erkennen". Da das Stethoskop als Schnittstelle zwischen Benutzer und System fungiert und virtueller Träger des Klanges ist, reicht eine Identifikation des Stethoskops. Auch muss die Installation den Ort der Interaktion "wissen", um den richtigen Klang auf den Interaktionspunkt zu mappen.



Es wurde eine Lösung gefunden, die auf der Ermittlung von verschiedenen in den Stethoskopen eingebauten Widerständen basiert. Für die Ermittlung und Übermittlung des Widerstandswertes wurden verschiedene Szenarien entwickelt. Zur Anwendung gelangte schliesslich ein Verfahren, das die bestehende MAX/MSP Infrastruktur verwendet. Hierbei wird ein Oszillatorsignal über normale Audioverbindungen an die SoundSpots gesendet. Durch den Widerstand, der durch Aufsetzen des Stethoskops dazwischen geschaltet wird, verringert sich die Amplitude des Oszillatorsignals, und diese Verringerung wird in MAX/MSP ausgewertet.

Ausblick, Verwendungsmöglichkeiten

Wallbration vereinigt einige Elemente, die auch Möglichkeiten zur Weiterentwicklung und Verwendung in anderen Kontexten bieten. Speziell nennen möchte ich hier die Idee einer Ausstellung als Ort sozialer Interaktion und entsprechender unterstützender Systeme, wie personalisierte Interaktion, sowie die Verwendung von Körperschall zur akustischen Erweiterung von Objekten und Räumen.

Ausstellung als Sozialer Raum

Ausstellungen sind in der Regel als Orte konzipiert, an denen ein Besucher mit Exponaten konfrontiert wird und diese sozusagen seriell "abarbeitet". Dabei wird vom Besucher als isoliertes Individuum ausgegangen. Diese Sichtweise wird aber der tatsächlichen Situation nur teilweise gerecht, denn soziale Navigation und Interaktion kommen auch in Ausstellungen zum Tragen, und hier liegt eine grosse Möglichkeit für das Ausstellungsdesign. Ausstellungen könnten durchaus als "Begegnungsorte" konzipiert sein und insbesondere durch die Verwendung von digitalen Medien über ihre physischen Dimensionen hinaus erweitert werden.

Durch Spuren vergangener und der Interaktion und dem Austausch mit gegenwärtigen Besuchern kann ein Gefühl der Eingebundenheit in eine "Community of Interest" vermittelt werden. Kollaborative Formen der Auseinandersetzung mit den Exponaten werden möglich.

Durch echte, bidirektionale Interaktion kann der Besucher stärker in die Ausstellung selbst eingebunden werden. Anonyme Trackingsysteme mit Markern ermöglichen eine "unverbindliche", temporäre "Awareness" der Ausstellung über die Aktionen der Besucher. Das System kann sich zum Beispiel erinnern, welche Objekte schon gesehen wurden und die Ausstellungsinhalte für den betreffenden Besucher entsprechend modifizieren. Wie mit dem Stethoskop in "Wallbration" könnte das über "Einweginterfaces" realisiert werden, die der Besucher personalisiert, über die er mit der Ausstellung interagiert und die er dann nach Gebrauch wieder abgibt.

Körperschall zur akustischen Erweiterung von öffentlichen Räumen

Die Verwendung von Körperschall bietet unzählige kreative Möglichkeiten zur akustischen Raumgestaltung. Man könnte es als eine Form diskreter Verwendung von Schall sehen, die neue Formen der kollektiven Klangerfahrung ermöglicht. In Ausstellungen könnten Vitrinen Klänge erhalten, welche die Besucher über ein Stethoskop oder ein anderes Interface hören könnten. Dabei soll nochmals auf den erwähnten Vorteil von Stethoskopen und Körperschall gegenüber Kopfhörern mit Steckern verwiesen werden, nämlich die Möglichkeit, das Gehörte ohne technischen Mehraufwand mit anderen zu teilen.

Schlussbemerkung

Bei meiner Diplomarbeit stand nicht die Entwicklung eines bestimmten Produktes im Zentrum, sondern die Konfrontation mit einem Thema, das für mich neu war. Mein Interesse galt der sozialen Interaktion im öffentlichen Raum und der Verwendung von Klang in interaktiven Anwendungen, und ich versuchte, einen möglichen gestalterischen und theoretischen Ansatz prototypisch umzusetzen.

Wallbration liegt im Spannungsfeld zwischen Kommunikationssystem und Klanginstallation. Die Brücke zwischen diesen beiden Sichtweisen wird geschlagen durch den Aspekt der Interaktivität und den gestalterischen Eingriff in den sozialen (Klang)Raum. Welche Seite mehr zum Tragen kommt, hängt von der Sichtweise des Betrachters ab.

In erster Linie jedoch möchte Wallbration ein Raum – Klang Erlebnis vermitteln und Besuchern einer Ausstellung ermöglichen, miteinander und mit der Installation über Klang zu interagieren und Klang kreativ einzusetzen.

Weitere Informationen und Links befinden sich auf der Webseite
<http://play.hyperwerk.ch> unter Projekte –> Diplom –> Wallbration

Das Team:

Konzeption und Interaktionsleitung: Daniel Hug

Programmierung: Holger Stenschke, Manuel Gerber

Installationsdesign: Alain Simon, Daniel Hug

Installation: Alain Simon, Mathis Meier, Simon Gautschi, Maya Werthmüller, Daniel Hug

Coaching: Max Spielmann

Danke

Mark Ofner, Andreas Krach, Wolfgang Heiniger, Giorgio de Michelis, Alessandra Agostini, Cai Melakoski, Sohvi Sirkesalo, Brian Lilley, Marc Ballmer

Referenzen

- _Brandes, U., (Hg.), Welt auf tönernen Füssen; Göttingen, 1994
- _De la Motte-Haber, H. (Hg.), Klangkunst, Tönende Objekte und klingende Räume; Laaber, 1999
- _De Michelis, G., Aperto, molteplice, continuo - Gli artefatti alla fine del Novecento; Milano, 1998
- _Ishii, H. und Ullmer, B., Tangible Bits: Towards Seamless Interfaces between People, Bits and Atoms; in: Proceedings of Conference on Human Factors in Computing Systems, Atlanta, 1997
- _Kaufman, H. und Kline, C., Design Goals for Networld, an Immersive Public Exhibit about the Internet; in: Proceedings of cast01, Living in Mixed Realities, Bonn, 2001
- _Langenmaier, A. V., (Hg.), Der Klang der Dinge: Akustik-eine Aufgabe des Design; München, 1993
- _Norman, D., The design of everyday things; New York 1990
- _Norman, D., Things that Make Us Smart; New York, 1993;
- _Preece, J. et al., Human-Computer Interaction; Harlow, 1994
- _Rozier, J., Karahalios, K. und Donath, J.; Hear and There: An Augmented Reality System of Linked Audio, Sociable Media Group, MIT
- _Schatz, R. und Schatz, G., Sonosphere: A Multisensoric Experience of Auditory Perception; in: Proceedings of cast01, Living in Mixed Realities, Bonn, 2001
- _Truax, B., Acoustic Communication; Westport, 2001
- _Weiser, M., The Computer for the 21st Century; Scientific American, 1991
- _Welsch, W., Auf dem Weg zu einer Kultur des Hörens?; in: Grenzgänge der Ästhetik, Stuttgart, 1996
- _Welsch, W., Gegenwartskunst im öffentlichen Raum, Augenweide oder Ärgernis?; in: Dito

hüg
Fh
Interaktionsteil
+
78
durchypermek.
59
49
ch
e-mail
tel
dipi.
daniel