

Zeitschrift: Dissonanz

Herausgeber: Schweizerischer Tonkünstlerverein

Band: - (2003)

Heft: 83

Artikel: Klangprojektion im dreidimensionalen Raum : ein Forschungsprojekt der Hochschule für Musik und Theater Zürich

Autor: Bennett, Gerald / Färber, Peter / Kocher, Philippe

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-927941>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 01.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

KLANGPROJEKTION IM DREIDIMENSIONALEN RAUM

Ein Forschungsprojekt der Hochschule für Musik und Theater Zürich

VON GERALD BENNETT, PETER FÄRBER,
PHILIPPE KOCHER, JOHANNES SCHÜTT

In diesem Text wird über die Erfahrungen berichtet, die während vier Jahren bezüglich der dreidimensionalen Klangprojektion im Bereich der elektroakustischen Musik gesammelt wurden. Das Projekt wurde an der Hochschule für Musik und Theater Zürich (HMT) ausgeführt und von derselben unterstützt. Ziel der Studien war es, Komponisten von elektroakustischer Musik flexible und einfach zu handhabende Werkzeuge bereitzustellen, mit welchen die Illusion eines im dreidimensionalen Raum sich bewegenden Klangs erzeugt werden kann. Dieser Bericht gliedert sich in vier Teile. Im ersten Teil wird der theoretische Hintergrund der Zürcher Projekte kurz erläutert. Im zweiten Teil wird die Entwicklung des Projekts seit 1999 dargestellt. Ein dritter Teil erörtert die Perspektiven künftiger Studien; im vierten Teil schliesslich wird kurz über ästhetische Konsequenzen dieser Studien reflektiert.

I. THEORETISCHER HINTERGRUND

Seit ihren Anfängen scheint die elektroakustische Musik den Komponisten die Möglichkeit zu eröffnen, ihre Musik in einen dreidimensionalen Raum zu stellen. Stockhausen bezeichnet seinen *Gesang der Jünglinge* (1955/56) als erstes Beispiel einer «Raum-Musik». Varèses *Poème Électronique*, welches anlässlich der Weltausstellung in Brüssel 1958 entstand, wurde über zahlreiche Lautsprecher an den Wänden des Philipps-Pavillons wiedergegeben. Indem die drei Tonbandspuren kontinuierlich verschiedenen Lautsprechern zugespielt wurden, schien der Klang der Oberfläche des Gebäudes entlangzuziehen. Einen bedeutenden Schritt in der technischen Entwicklung bedeutete John Chownings *Turenas* für Vierkanal-Tonband (1972). Sorgfältig zwischen den vier Lautsprechern verschobene Klänge, ein kontrolliertes Verhältnis zwischen direktem und verhalltem Klang sowie schliesslich die Verwendung des Doppler-Effektes erzeugten sehr realistische Illusionen von zweidimensionaler klanglicher Bewegung. Ein weiterer wichtiger Fortschritt wurde 1984 von Gary Kendall erzielt. Mit nur zwei Laut-

sprechern erreichte er ausserordentliche Illusionen von Position und Bewegung im dreidimensionalen Raum, indem er nicht nur die primäre Position eines Klangs und dessen diffusen Nachhalls, sondern auch die ersten zwei oder drei Reflektionen von Wänden, Decke und Boden eines Raumes synthetisierte.

Das menschliche Gehör bedient sich zahlreicher perzeptiver Anhaltspunkte, um die räumliche Position eines Klangs zu bestimmen. Einige davon sind:

1. Die unterschiedliche Intensität zwischen den beiden Ohren. Ein Klang, der geradeaus entsteht, klingt in beiden Ohren gleich laut. Wenn der Klang sich zu einer Seite hin bewegt, verdeckt der Kopf zunehmend den Klang, und es entsteht ein Unterschied in der Intensität von bis zu 20 dB zwischen den Ohren. Diese unterschiedliche Intensität ist der primäre Anhaltspunkt für die Position eines Klangs auf der horizontalen Ebene rund um den Hörer.
2. Die unterschiedliche Ankunftszeit eines Klangs bei beiden Ohren. Ein Klang, der von der rechten Seite kommt, erreicht das rechte Ohr etwas früher als das linke. Diese zeitliche Differenz ist sehr gering; sie beträgt maximal 0.6 Millisekunden bei einem 90 Grad vom Zentrum entfernten Klang. Zeitdifferenzen von bis zu einer Zehntausendstelsekunde können mit Kopfhörern ohne weiteres wahrgenommen werden, aber im Falle von elektroakustischer Musik in einem Konzertsaal würden Verzögerungen und Reflektionen solch geringe Unterschiede überdecken. Beim Komponieren müssen die zeitlichen Unterschiede zwischen den Kanälen übertrieben werden.
3. Die gesamthafte Intensität eines Klangs. Ein naher Klang wirkt selbstverständlich lauter als ein entfernter. Weniger klar ist hingegen, um wie viel lauter ein Klang zu sein hat, um nahe zu wirken. Wir erzielten gute Resultate unter Verwendung einer Dezibel- (d.h. einer logarithmischen) Skala pro Distanzeinheit (z.B. indem die Intensität eines Klangs um 3 dB pro Distanzeinheit reduziert wird).
4. Der Anteil von hochfrequenter Energie in einem Klang. Absorption durch die Luft betrifft hohe Frequenzen stärker

als tiefe. Ein entfernter Klang ist nicht nur leiser als derselbe Klang in näherer Entfernung, sondern auch weniger brillant. Elektroakustisch kann dieser Effekt mit Hilfe eines Tiefpass-Filters leicht simuliert werden.

5. Das Verhältnis zwischen direktem und verhalltem Klang. Wie Chowning in *Turenas* gezeigt hat, ist dieses Verhältnis ein sehr wichtiger Anhaltspunkt bei der Wahrnehmung von Entfernung. Die Intensität eines verhallten Klanges verringert sich bei wachsender Entfernung langsamer als die Intensität eines direkten Klanges. Um einen sich vom Hörer entfernenden Klang zu simulieren, kann seine Intensität logarithmisch reduziert werden (also um beispielsweise wie oben 3 dB pro Distanzeinheit), während die Intensität der Hallanteile linear reduziert wird.
6. Das Gesamtspektrum eines Klanges. Wir alle beurteilen den horizontalen und vertikalen Einfallswinkel eines Klanges aufgrund von dessen Spektrum. Oberkörper, Kopf und speziell die äusseren Ohren wirken dabei je nach Einfallswinkel eines Klanges als Filter. Dieses resultierende Spektrum kann synthetisiert werden und erlaubt eine überzeugende Simulation von Position und Bewegung im dreidimensionalen Raum. Allerdings sind die spektralen Differenzen so gering, dass diese wichtige Technik nur zur Wiedergabe auf Kopfhörern angewandt werden kann und somit für Komponisten, die ihre Musik in öffentlichen Räumen spielen wollen, nicht in Betracht kommt.

Ausgehend von den ersten fünf dieser Anhaltspunkte haben Komponisten elektroakustischer Musik fünf Techniken zur Simulation von Position und Bewegung im Raum abgeleitet:

1. Die Amplitude des Klanges zwischen den zwei Kanälen wird so angepasst, dass sie dem gewünschten horizontalen Winkel des Klanges entspricht;
2. Die beiden Stereosignale werden zeitlich gegen einander verschoben, so dass das Signal zuerst im Kanal mit der grösseren Amplitude erscheint;
3. Die Amplitude eines Klanges wird zur Simulation von Distanz verändert;

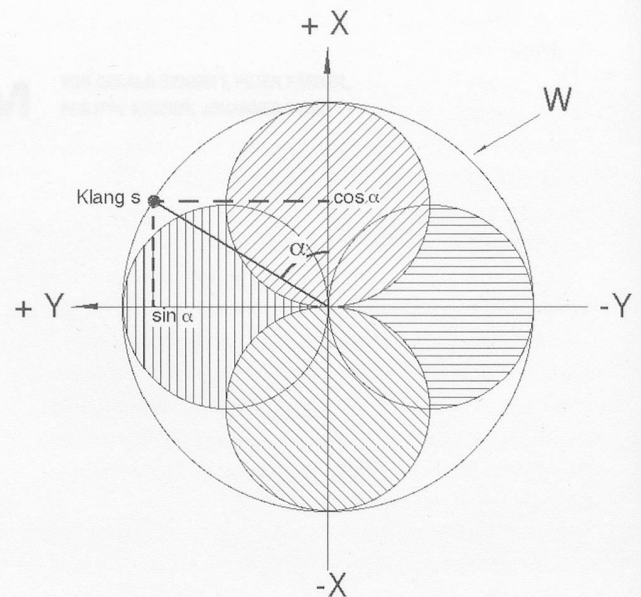
4. Die hochfrequenten Anteile werden gefiltert, um Distanz zu simulieren (je weiter ein Klang vom Hörer entfernt ist, desto geringer ist der hochfrequente Energieanteil);
5. Durch Hinzufügen von Hall und die Anpassung des Verhältnisses zwischen direktem und verhalltem Klang wird die Illusion von Distanz verstärkt.

Diese Verfahren sind im zweidimensionalen Raum sehr wirkungsvoll. Weil sie aber nur in einem Stereoklangfeld funktionieren (oder in einem erweiterten Rahmen unter mehreren um das Publikum platzierten Lautsprechern, wobei jeder Lautsprecher zum nächsten in einem «Stereo»-Verhältnis steht wie in klassischen Vier- oder Achtkanalkonfigurationen), hielten wir sie für unsere Zwecke für ungeeignet. Ebenso kamen für uns die klassischen Surroundformate (Dolby 5.1, 7.1 usw.) nicht in Frage, weil sie auf einer festen Front-/Rücklautsprecher-Orientierung beruhen und die hinteren Kanäle anders behandeln als die vorderen. Stattdessen entschieden wir uns für ein Verfahren aus den siebziger Jahren, das von Michael Gerzon in Grossbritannien entwickelte «Ambisonics».

Ambisonics wurde ursprünglich als Mikrophontechnik konzipiert, mit welcher bei Aufnahmen räumliche Information festgehalten werden konnte. Dabei wurde ein spezielles Mikrophon, das sogenannte «Soundfield Microphone», verwendet. Aufgezeichnet wurde auf vier Kanälen, auf welchen die räumlichen Charakteristika der Klangquelle effektiv codiert werden konnten. Um die Aufnahme hören zu können, musste diese Information von speziellen Schaltkreisen decodiert werden. Abgesehen von der bemerkenswerten «Räumlichkeit» des Ergebnisses war ein Vorteil dieser Technik, dass die Aufnahme für eine beliebige Lautsprecherkonfiguration decodiert werden konnte – zwei, drei, vier oder mehr Lautsprecher – ohne dass daraus grosse Änderungen der räumlichen Qualität resultierten. Es gelang Michael Gerzon, der Mathematiker und kein Tontechniker war, zu zeigen, dass das decodierte Tonsignal unter bestimmten Bedingungen exakt der Wellenfront des ursprünglichen Klangs entspricht. Abbildung 1 zeigt das grundlegende Ambisonic-Prinzip.

Abbildung 1

Das
Ambisonic-
Prinzip



Stellen wir uns zwei Mikrophone mit Achter-Charakteristik vor, die im rechten Winkel zueinander positioniert sind, eines auf der x-Achse, das andere auf der y-Achse. Denken wir uns einen Klang s mit der Amplitude 1.0 auf einem Kreis, in dessen Mitte die Mikrophone stehen (der Radius des Kreises ist also 1). Aufgrund der Richtcharakteristik der Mikrophone wird der Klang s von jedem der Mikrophone mit weniger als der vollen Amplitude aufgenommen. Tatsächlich entspricht die Amplitude des Klanges bei beiden Mikrophen dem Produkt aus Kosinus bzw. Sinus des Winkels α und der Amplitude von s . Schliesslich zeichnen wir ebenso die totale Amplitude des Klanges über ein omnidirectionales Mikrophon auf (dargestellt durch den Kreis w in Abb. 1). Somit wird die Codierung der räumlichen Information für den Klang s in zwei Dimensionen mit folgenden Formeln berechnet:

$$w = s * 0.707$$

$$x = s * \cos \alpha$$

$$y = s * \sin \alpha$$

Stellen wir uns nun ein drittes Mikrophon vor, welches gerade nach oben und unten (entlang der Z-Achse) ausgerichtet wird, so sind wir in der Lage, die Energie des Klanges folgendermassen in drei Dimensionen darzustellen (β ist der höhenmässige Einfallswinkel des Klanges):

$$w = s * 0.707$$

$$x = s * \cos \alpha * \cos \beta$$

$$y = s * \sin \alpha * \cos \beta$$

$$z = s * \sin \beta$$

Die Decodierung dieser vier Signale, die vorgenommen wird, um die Signale zu gewinnen, die zu den Lautsprechern gesendet werden, entspricht im wesentlichen der Codierung, mit dem Unterschied, dass die Winkel sich auf die Position der Lautsprecher beziehen. Untenstehende Formel dient zur Berechnung des Signals S_L , welches zu einem aus einer

Reihe von beliebig vielen Lautsprechern gesendet wird (α meint hier den horizontalen Winkel des Lautsprechers L , β seinen Höhenwinkel):

$$S_L = 0.707 * w + x * \cos \alpha \cos \beta + y * \sin \alpha \cos \beta + z * \sin \beta$$

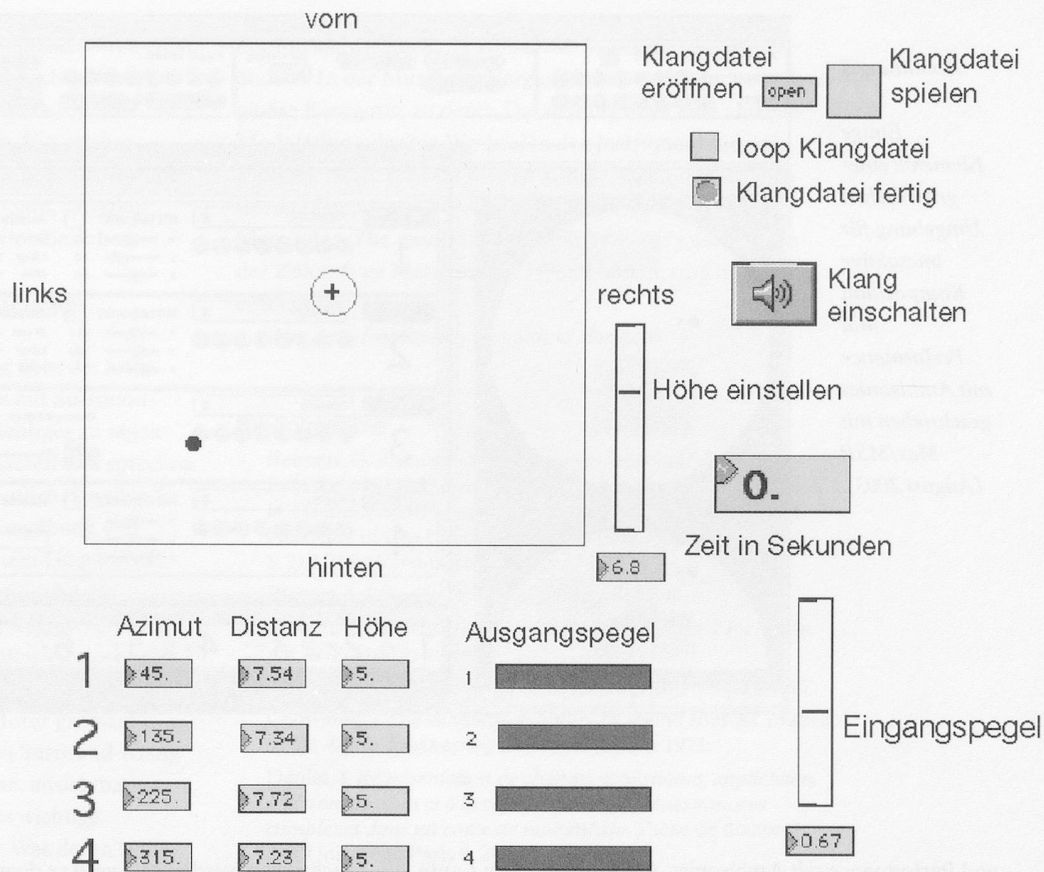
Diese Gleichungen entsprechen einfachsten Gleichungen (sogenannten Gleichungen nullter und erster Ordnung) zur Berechnung von Sphärischen Harmonischen und erlauben es dem Hörer, einen Klang innerhalb eines Quadranten (90 Grad) zu lokalisieren. Gleichungen höherer Ordnung erlauben eine präzisere Lokalisierung, setzen aber mehr Informationskanäle voraus. Unserer Erfahrung nach stellt die Abbildung zweiter Ordnung (9 Informationskanäle) einen guten Kompromiss zwischen der Präzision der Lokalisierung und der zu bewältigenden Datenmenge dar.

II. ZUSAMMENFASSUNG DER STUDIEN AN DER HMT SEIT 1999

Das erste Projekt zu Ambisonics wurde im Oktober 1999 begonnen und diente vor allem der Umsetzung der Ambisonic-Gleichungen erster Ordnung in eine Software. Als Programmiersprache entschieden wir uns für das bekannte Klangsyntheseprogramm Csound. Neben der Implementierung der Formeln schrieben wir Programme zur Positionierung von Klang im dreidimensionalen Raum und zur Darstellung einfacher Bewegungen. Die Arbeit mit Csound-Programmen führte fast unmittelbar zu guten Ergebnissen, gestaltete sich aber recht umständlich. Nicht nur mussten Position und Bewegung jedes Klanges vom Komponisten definiert werden, die vierkanal-codierte Klangdatei (im Ambisonics-Jargon B-Format genannt) musste darüber hinaus in so viele monophone Dateien decodiert werden, wie es Lautsprecher geben sollte. Diese Dateien wurden dann in einem Abmischprogramm wie Pro Tools verarbeitet und

Abbildung 2

Ein
kombinierter
Encoder/
Decoder,
geschrieben
mit Max/MSP
(Frühjahr 2000)



auf ein 8-Spur-Tonband gespielt, welches bei der Konzertaufführung verwendet wurde. Der grösste Nachteil bestand darin, dass der Komponist die Ambisonic-Realisierung im Studio bis zur Fertigstellung des Bandes nicht hören konnte. Als wir zum ersten Mal Ambisonics in einem grossen Raum hörten, reagierten wir mit Erstaunen und Begeisterung auf die grossartige Klangqualität. Nachdem die anfängliche Euphorie aber verflogen war, wurde uns klar, dass wir Komponisten eine Möglichkeit schaffen mussten, auf interaktive Weise mit Ambisonics zu arbeiten.

Im Frühling 2000 begannen wir das interaktive Programm Max/MSP für Ambisonics zu benutzen. Eines der ersten Resultate war ein kombinierter Encoder/Decoder, welcher es dem Komponisten erlaubte, die Position des Klanges mit der Maus zu kontrollieren (s. Abb. 2).

Das Quadrat links stellt einen von oben gesehenen Raum dar. Der schwarze Punkt zeigt die Position eines Klanges in der horizontalen Ebene an und kann mit der Maus bewegt werden. Mit dem Schieberegler rechts vom Quadrat wird die Höhenposition des Klanges eingestellt. Über die Felder unter dem Quadrat kann die Position jedes einzelnen Lautsprechers bestimmt werden (hier vier); das Programm berechnet die optimale Decodierung und kompensiert wenn nötig auch die ungleiche Entfernung der Lautsprecher vom Zentrum.

Solche einfachen Werkzeuge erlaubten uns, viel Erfahrung mit Ambisonics zu sammeln. Die Möglichkeit, zu hören und gleichzeitig eine Bewegung auszuführen, erwies sich als grosse Hilfe für das Vorstellungsvermögen, denn zu unserem grossen Erstaunen war es weit schwieriger, sich Klänge im dreidimensionalen Raum vorzustellen, als wir gedacht hatten. Ein einfaches mausgesteuertes Werkzeug ohne Memorisierungsmöglichkeit, welches nur einen Klang aufs Mal bearbeiten kann, ist nun offensichtlich kein ernsthaftes

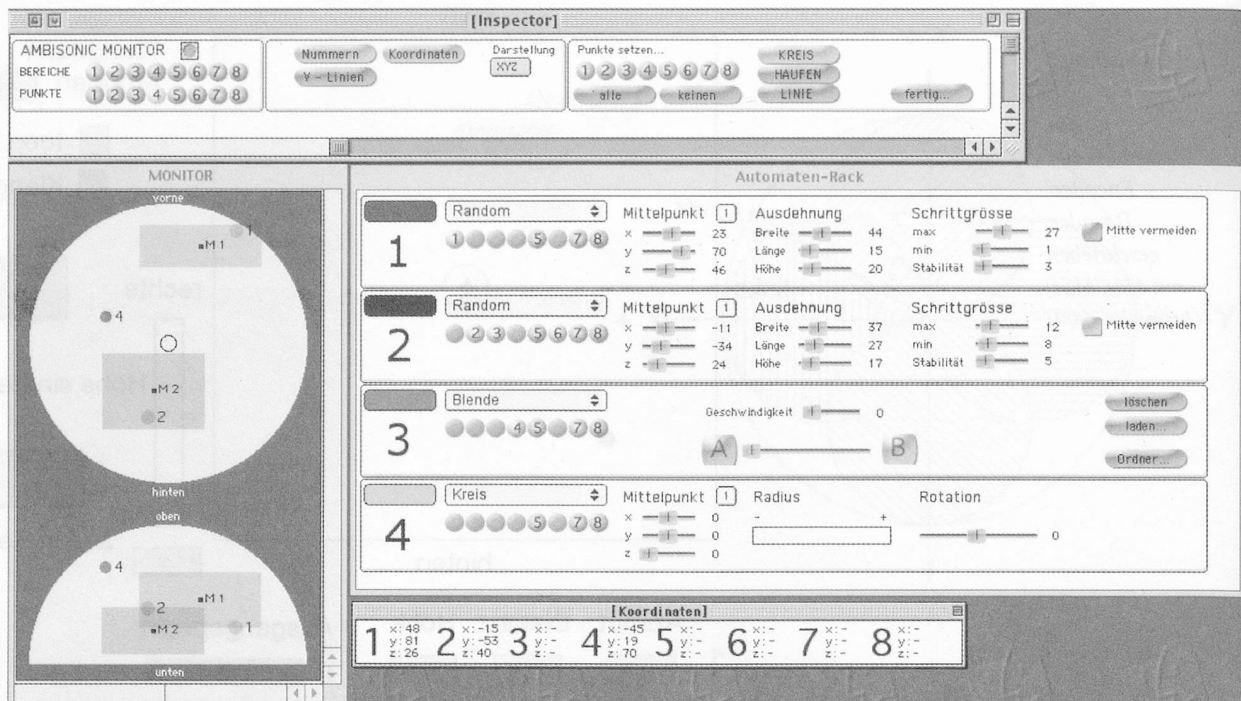
Hilfsmittel für die elektroakustische Komposition. Deshalb wurden für Komposition weiterhin Csound-Programme verwendet, wobei bald ergänzende Versionen mit Gleichungen zweiter Ordnung hinzukamen. Es wurde Usus, 9-Kanal-B-Format-Dateien mit Csound zu berechnen und diese in Echtzeit mit einem Max/MSP Decoder zu entschlüsseln. Gleichzeitig arbeiteten drei der Autoren (Färber, Kocher and Schütt) intensiv daran, die Palette der Max/MSP-Programme zu erweitern. Sie waren insbesondere daran interessiert, Ambisonics in Konzerten interaktiv zu benutzen, kombiniert mit Programmen für Klangverarbeitung und -synthese. Zwischen Frühling 2000 und heute wurden mehrere Konzerte gegeben, in denen Programme zur Anwendung kamen, die eigens für jede Komposition und jeden Saal geschrieben wurden. Bei bis zu 24 Eingangskanälen mit Klang, der umgewandelt und «ambisonisch» verarbeitet werden musste und Ausgängen für bis zu 24 Lautsprecher wurden beträchtliche Anforderungen an die Computer gestellt. Nicht weniger als drei leistungsfähige Macintosh-Computer mussten bei diesen Konzerten parallel arbeiten.

Noch immer ungelöst war das Problem der polyphonen Arbeit für Tonbandstücke im Studio. Im Frühjahr 2001 kam uns die Idee, ein sogenanntes Plug-in für ein kommerzielles Mischprogramm zu schreiben, welches erlauben würde, komplexe Texturen aufzubauen und während der Arbeit zu hören. Im Herbst 2001 wurde von der HMT ein Forschungsprojekt in Zusammenarbeit mit Dave Malham und Ambrose Field von der York University (Grossbritannien) gefördert, aus welchem eine Gruppe von VST-Plug-ins für Macintosh- und Windows-Plattformen hervorging. Diese Plug-ins sind seit April 2002 als Freeware auf dem Internet verfügbar.

Im akademischen Jahr 2002/03 arbeiteten Färber, Kocher and Schütt an einer Umgebung zur interaktiven Komposition

Abbildung 3

Einige Elemente einer graphischen Umgebung für interaktive Komposition und Performance mit Ambisonics geschrieben mit Max/MSP (August 2003).



und Performance mit Ambisonics. Aufgrund ihrer im Laufe der vorangegangenen drei Jahre gesammelten breiten Erfahrung gelang es ihnen, ein Programm zu entwickeln, welches grosse Flexibilität mit einfacher Bedienung verbindet. Abb. 3 zeigt einen Teil der Benutzeroberfläche.

Links ist die Abbildung der Positionen von bis zu acht Klängen innerhalb eines sphärischen Raumes zu sehen. Der obere Kreis zeigt ihre Position auf der horizontalen Ebene von oben gesehen, der Halbkreis darunter zeigt ihre Höhe entlang der Achse vorne/hinten. Die Punkte stellen einzelne Klänge dar, die Rechtecke zeigen Klanggruppen, die sich zusammen bewegen. Jedes der nummerierten Kästchen rechts davon ist ein virtuelles «Gerät», welches so programmiert werden kann, dass es eine bestimmte Art von Bewegung für bis zu acht verschiedene Klänge ausführen kann (insgesamt können bis zu acht dieser «Geräte» gleichzeitig aktiv sein). Drei Arten von Bewegung werden hier gezeigt: «Random» (die 1-8 gewählten Klangströme ändern ihre Position zufällig), Blende (die gewählten Klangströme wechseln langsam von einer vorbestimmten Position zu einer anderen) und Kreis (die gewählten Klangströme bewegen sich zusammen im Kreis). Jedes «Gerät» bietet zahlreiche Kontrollparameter für die Grundbewegungen. Die Schaltfläche im oberen Bereich der Abbildung dient der Grundkonfiguration der Klänge im Raum. Die Anzeige ganz unten zeigt die Koordinaten der Klangströme zum jeweiligen Zeitpunkt. Als dieser Artikel geschrieben wurde, wurde diese Eingabeoberfläche vervollständigt und verschiedenen Komponisten zum Beta-Testen zugesandt. Nach dieser Testphase wird die Software im Internet verfügbar sein.

III. PERSPEKTIVEN KÜNFTIGER STUDIEN

Für das akademische Jahr 2003/04 sind zwei kleinere Projekte vorgesehen. Beim ersten handelt es sich um ein weiteres Plug-in, welches die vorhandenen Plug-ins vervollständigen und ergänzen wird. Alle unsere bisherige Arbeit mit Ambisonics ging davon aus, dass der/die KomponistIn sein/ihr Material in einen hallfreien Raum stellt, in die freie Luft sozusagen. Das Plug-in, welches im Wintersemester 2003/04

geschrieben werden soll, wird es dem Komponisten ermöglichen, zunächst einen (geschlossenen) dreidimensionalen Raum zu entwerfen, in dem Form, Abmessungen, und Charakteristika der Wände festgelegt werden können und dann die Position oder Bewegung eines Klanges in diesem Raum zu beschreiben. Das Programm wird nicht nur die Abbildung des direkten Klanges im B-Format berechnen, sondern auch die ersten drei von den Wänden zurückgeworfenen Echos. Jene Echos sind perzeptiv von grosser Wichtigkeit für unsere Fähigkeit, Klang im Raum zu lokalisieren, und wir gehen davon aus, dass die Lokalisierung sich dank der neuen Verarbeitung stark verbessern wird. Ein zweites Projekt ist für das Sommersemester 2004 angesetzt. Dabei wird es darum gehen, ein unabhängiges Programm (also kein Plug-in) für die Arbeit mit Ambisonics zu schreiben. Unter anderem soll ein neues Datenformat entwickelt werden, das sowohl den monophonen Klang als auch die Informationen bzgl. seiner Position und Bewegung im dreidimensionalen Raum enthält. Das Programm wird von diesen Daten ausgehend das Ambisonic-Signal berechnen, ohne dass es die vielen Kanäle der Abbildung im B-Format speichern muss. Der Komponist wird die Bewegung des Klanges interaktiv ändern und die neuen Bewegungsmuster zusammen mit dem Klang speichern oder verwerfen können.

Im Jahr 2004/05 hoffen wir ein grösseres Projekt in Zusammenarbeit mit der York University organisieren zu können. Ziel des Projektes wäre die Entwicklung einer vielseitigen kompositorischen Umgebung für Ambisonics. Im letzten Jahr wurden bemerkenswerte Fortschritte im Bereich des Raumklangs erzielt. So erschien unter anderem ein Bericht über Ambisonic-Gleichungen fünfzehnter Ordnung, sowie ein Aufsatz, der eine allgemeine Theorie zur Berechnung von perfekter dreidimensionaler Abbildung von Klang auf der Grundlage von Aufnahmen ohne spezielle Mikrophone vorstellt. Unser theoretischer Hintergrund muss auf den neuesten Stand gebracht werden. Ausserdem müssen wir dringend mehr über die Wahrnehmung von Ambisonics erfahren. Wie gut funktioniert die Lokalisierung? In welchem Mass ist unsere Wahrnehmung von Frequenz abhängig? Welche sind die optimalen Lautsprecherkonfigurationen für Ambisonics? Und möglicherweise die wichtigste Frage:

Wie unterscheidet sich Surround-Klang ästhetisch von frontal dargebotenem Klang? Solches psychoakustisches Wissen muss in die Entwicklung der nächsten Generation von kompositorischen Werkzeugen einfließen. Ein solches Forschungsprojekt würde zwei oder drei Jahre in Anspruch nehmen und müsste Psychologen, Ingenieure, Physiker, Programmierer und natürlich Musiker miteinbeziehen.

IV. ÄSTHETISCHE ERWÄGUNGEN

Abschliessend scheint es angebracht, kurz über die ästhetischen Konsequenzen des Komponierens mit Surround-Klang nachzudenken. Wenn wir etwas Wichtiges zu sagen haben, stehen wir nicht hinter dem Adressaten und sprechen leise, wir stehen vor ihm und sprechen deutlich. Surround-Klang ist eher mit den Geräuschen der Umgebung vergleichbar als mit klarem Sprechen vor einem Gegenüber. Im alltäglichen Leben pflegen wir die Geräusche der Umgebung zu ignorieren und höchstens im Hintergrund auf Anzeichen der Gefahr hin zu überprüfen. Andererseits wecken «elektronische» Klänge, deren Quelle wir nicht sehen oder identifizieren können, beim Hörer grössere Aufmerksamkeit. Die Charakteristika von Surround-Klang – scheinbar reale dreidimensionale Räume, unsichtbare Klänge, Bewegung im Raum – waren stets wichtige Elemente zur Wahrnehmung von Gefahr. Was deren ästhetische Ausschöpfung betrifft, besitzen wir nur wenig Erfahrung. Wir wissen weiterhin nicht, welche Konnotationen durch die Manipulation solcher primärer Elemente der Wahrnehmung beim Hörer geweckt werden. Die Übertragung von komplexen Mechanismen intellektueller Interpretation auf ein System von unterbewussten Reaktionen, welches so alt ist wie die Menschheit selbst, wird die Musik zweifellos bereichern. Wie diese Bereicherung aussehen wird, können wir zum jetzigen Zeitpunkt nicht wissen.

Durch die Auflösung der traditionellen frontalen Ausrichtung des musikalischen Diskurses wird der Surround-Klang, und insbesondere Ambisonics, die Entwicklung neuer Hörweisen sicher beschleunigen. Aber der Prozess der Auflösung wird sich auch nach innen wenden und die Sprachen

der Musik, wie auch die Weise, wie Musik zu uns spricht, ändern. In der Musik der Vergangenheit war Raum eine imaginäre Kategorie, zu deren Darstellung etwa eine abrupte Modulation oder ein Wechsel in der Instrumentation als Metaphern für Distanz dienen konnte. Beim Ambisonics werden Raum und Bewegung zu real wahrnehmbaren Momenten. Die emotionalen Realitäten, für welche sie in der Zukunft zu Metaphern werden können, sind noch zu entdecken.

(Aus dem Englischen von Lucas Bennett)

Bibliographie

- Bennett, G. A poor man's techniques of sound diffusion. In G. Bennett & F. Barrière (Hrsg.). *Composition / Diffusion in Electroacoustic Music*. Proceedings of the International Academy of Electroacoustic Music 1997. Bourges. 1998. S. 210-218. (Version française p. 27-35.)
- Blauert, J. *Räumliches Hören*. Stuttgart. 1974.
- Blauert, J. *Räumliches Hören. Nachschrift. Neue Ergebnisse seit 1972*. Stuttgart. 1985.
- Blauert, J. *Räumliches Hören. 2. Nachschrift*. Stuttgart. 1997.
- Chowning, J. The simulation of moving sound sources. *Journal of the Audio Engineering Society* 19(1):2-6. 1971.
- Daniel, J. *Représentation de champs acoustiques, application à la transmission et à la reproduction de scènes sonores complexes dans un contexte multimédia*. Thèse de doctorat de l'Université Paris 6. 2000.
http://gyronymo.free.fr/audio3D/download_Thesis_PwPt.html
- Gerzon, M.A. Periphony: with height sound reproduction. *Journal of the Audio Engineering Society*. Vol 21, No.1 Jan/ Feb 1973. S. 2-10.
- Kendall, G., W. Martens, S.L. Decker. Spatial reverberation: discussion and demonstration. In M. V. Mathews & J. R. Pierce (Hrsg.). *Current Directions in Computer Music Research*. Cambridge Mass. 1989.
- Malham, D.G. and Myatt, A. 3-D Sound spatialization using ambisonic techniques. *Computer Music Journal* 19:4. 1995. S. 58-70.
- Stockhausen, K. Musik im Raum. In *Texte zur elektronischen und instrumentalen Musik*, Bd. I. Köln. 1963. S. 152-175. Ursprünglich veröffentlicht in *Die Reihe* 5. Wien. 1959.
- Treib, Marc. *Space Calculated in Seconds: The Philips Pavilion, Le Corbusier, Edgard Varèse*. Princeton NJ. 1996.