

Ambisonics

Soundfield Mikrofon & Co

Inhalt

Idee Ambisonics	2
Vorüberlegungen: Was ist nötig im 3D-Sound zu beschreiben?.....	2
Das B-Format	2
Das A-Format – die Umsetzung in ein Mikrofon	4
Vorteile	5
Nachteile.....	5
Prozessing	5
Überblick über aktuell verfügbare Mikrofonsysteme	6
Studio.....	6
Broadcast.....	6
EB/Portable.....	6
Standalone.....	7
Software	7
Endformate.....	7
Klang des Mikrofons / Messwerte.....	8
Fazit	9
Quellen	10

Idee Ambisonics

Die Geschichte von Ambisonics beginnt in den späten 1960er Jahren. Tontechniker experimentieren mit der quadrophonischen Lautsprecheranordnung für Mehrkanalton, aber man ist mit den Resultaten nicht richtig zufrieden.

Basierend auf den Ansätzen von Alan Blumlein, der bereits in den 1930er Jahren mit koinzidenten Mikrofonanordnungen gute Erfahrungen gemacht hatte (u.a. „Blumlein“-Technik: zwei 8er Mikrofone über Kreuz in XY-Ausrichtung) entwickelt der Mathematiker Michael Gerzon mit seinen Studienkollegen Peter Craven und Richard Lee an der Oxford University Tape Recording Society den Ambisonics – Ansatz.

Der Ansatz basiert auf der Idee, ein Mikrofon zu entwickeln, das dreidimensional gerichtet Schallereignisse aufzeichnen kann. Dabei soll, zusätzlich zu den damals bereits bekannten Mikrofonanordnungen in der Ebene, auch die Höheninformation der Z-Achse mit berücksichtigt werden.

Parallel dazu wird auch mit Lautsprecheraufstellungen (z.B. in Form eines Hexagons) experimentiert, für eine bessere Räumliche Darstellung. Es wird definiert, dass mit Ambisonics höherer Ordnung theoretisch beliebig viele Lautsprecher beschickt werden können.



Abb. 1 Gerzon, Craven & Lee bei Aufnahmen

Vorüberlegungen: Was ist nötig im 3D-Sound zu beschreiben?

- Richtung des Schallereignisses im Raum (hinten vorne oben unten etc.)
- Position/Abstand des Höreres – also eine Referenz auf den Abstand des Hörers zur Schallquelle und zur Positionierung/Ausrichtung
- Ver/Entzerrung des Frequenzgangs in Abhängigkeit zum Abstand der Schallquelle

Das B-Format

Michael Gerzon entwickelt mit diesen Erkenntnissen das sogenannte ‚B-Format‘. Es soll als Zwischenform vor allem zur Aufzeichnung und Archivierung dienen.

Das B-Format besteht aus vier Audiokanälen:

Dem Druckanteil, ein omnidirektionales Signal – „W“ – zur Codierung der Raumanteile und als Entfernungsreferenz.

Dazu drei Druckgradientensignale mit der Richtcharakteristik Acht – „X“, „Y“ und „Z“ – zur Kodierung der Raumrichtungsinformationen. Die Ausrichtung der drei Signale entspricht dabei den Achsen des dreidimensionalen kartesischen Koordinatensystems.

Weiterhin prägt Gerzon den Begriff der „Single Point Source“, also einer gerichteten Punktschallquelle.

Hinter der Kodierung und Dekodierung der Signale des B-Formats verbirgt sich recht umfangreiche Mathematik, insbesondere die der Kugelflächenfunktionen.

Gerzon berücksichtigt bei seinen patentierten Algorithmen zwar auch Kugelflächenfunktionen höherer Ordnung – die sogenannten ‚higher order ambisonics‘ – für das grundsätzliche Verständnis reichen jedoch die der ersten Ordnung:

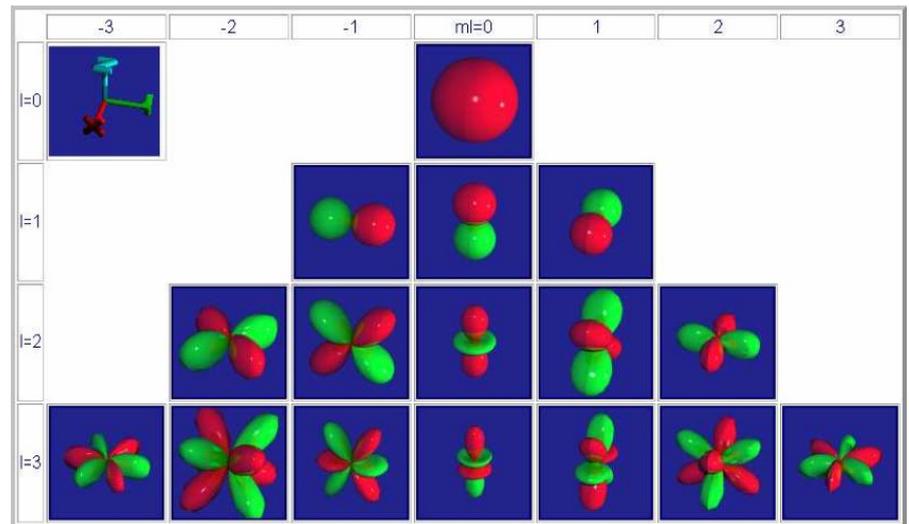


Abb. 2 grafische Darstellung von Ambisonics höherer Ordnung

0-te Ordnung:

$$W = 1$$

1-te Ordnung:

$$X = \cos(\Theta) * \cos(\phi);$$

$$Y = \sin(\Theta) * \cos(\phi);$$

$$Z = \sin(\phi);$$

Θ beschreibt dabei den Azimuth – Winkel in der x/y-Ebene, ϕ beschreibt die Elevation.

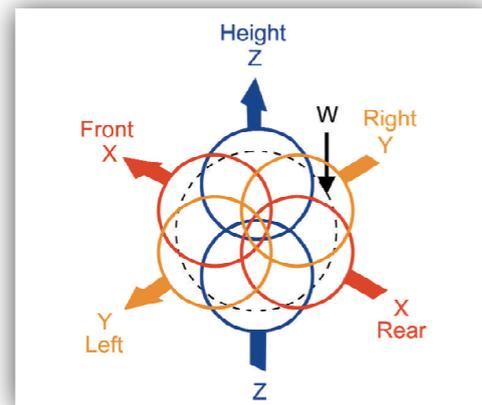


Abb. 3 schematische Darstellung der vier Signale W, X, Y und Z

Beim Vergleich mit dem Doppel-MS – System der Firma Schoeps fällt auf, dass die dazu aufgenommenen Mikrofonensignale (Mitte vorn, Mitte hinten, Seite) quasi identisch sind mit Ambisonics erster Ordnung, abgesehen von der fehlenden Z-Achse:

$$W = M_{\text{front}} + M_{\text{rear}}$$

$$X = M_{\text{front}} - M_{\text{rear}}$$

$$Y = S$$

Für mehr Flexibilität ersetzte Gerzon die Acht des MS-Systems jedoch mit zwei Nieren, die er passend matrizierte.

Das A-Format – die Umsetzung in ein Mikrofon

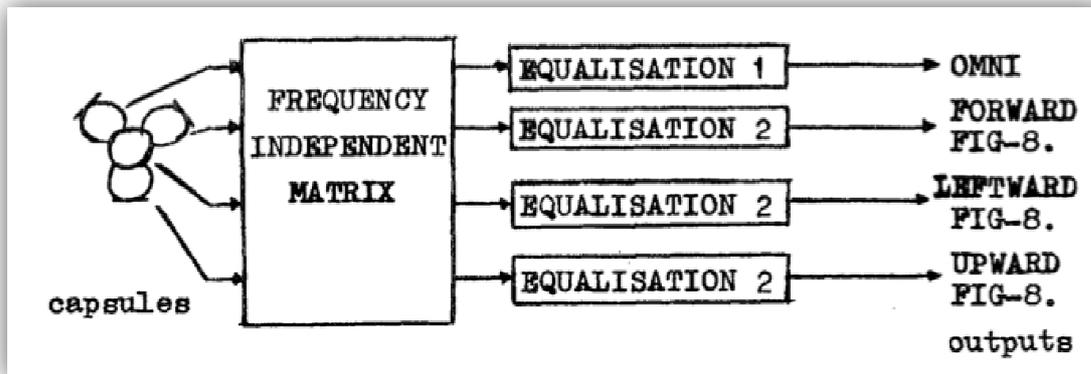


Abb. 4 Skizzen Gerzons aus den 1970er Jahren

Für das entwickelte, heute als ‚Soundfield – Mikrofon‘ bekannte Koinzidenzmikrofon werden vier abgegliche Nierenkapseln verwendet, die in Form eines Tetraeders angeordnet sind. Die Abstände der Kapseln sind sehr klein und exakt definiert (1,43cm), was allein aufgrund der geringen Laufzeitunterschiede zwischen den Kapseln einer idealen Punktquelle schon recht nahe kommt. Durch das definierte Setup kann der nachgeschaltete Prozessor die verbleibenden minimalen Laufzeitunterschiede so verzögern, dass sich akustisch jede einzelne Kapsel exakt im Mittelpunkt des Arrays befindet.

Die Kapseln sind also vollständig Phasenstabil, in der Mitte des Arrays liegt eine virtuelle, punktförmige Mikrofonkapsel, die gerichtet aus allen Raumrichtungen (360°) Ton aufnehmen kann, die „single point source“.

Sowohl A-Format, also das Kapselarray, als auch B-Format und die Kodierungsalgorithmen lies Gerzon in den 1970er Jahren patentieren.



Abb. 5 provisorisches Tetraederarray



Abb. 6 Kapselarray eines aktuellen Soundfield - Mikrofons

Vorteile

- nur ein Mikrofon für viele verschiedene Endformate
→ einfaches Handling
- 100% Phasen-Koherenz, gerade für TV/Broadcast wichtig da vollständig monokompatibel
- 4 Signale aufzeichnen (A oder B-Format ist zunächst egal), und nachträglich in der Postproduktion beliebige Formate generieren:
→ Also nicht mehr diverse Mikrofone für Stereo, Mono, Surround nötig
- alle sonstigen Vorteile eines Koinzidenzsystems (Phase, Lokalisationsschärfe etc.)
- Abbildung der z-Achse
- Nicht an bestimmte Lautsprecheraufstellungen gebunden
→ BBC erforscht z.B. gerade, ob das Format zur Archivierung geeignet ist im Hinblick auf noch unbekannte Mehrkanalformate in der Zukunft

Nachteile

- Alle, die ein Koinzidenzmikrofon mit sich bringt (schlechtere Räumlichkeit, fehlende Laufzeiten etc)
- Mikrofon / Mikrofonteknik an sich ist sehr speziell, ist nicht universell einsetzbar
→ teuer
- Matrizierung in B-Format und Dematrizierung aus dem B-Format ins Endformat sind aufwändig, kompliziert (man kann nicht einfach wie bei MS 3 Mischpultkanäle routen, sondern braucht spezielle Hard/Software)

Prozessing

Für die Umwandlung des A-Formats in das B-Format und weiter vom B-Format in die Endformate (Mono, Stereo, Surround) wird ein Prozessor benötigt, der die nötigen Matrizierungs- und Dematrizierungsalgorithmen implementiert.

Dafür gibt es, in erster Linie von der Firma Soundfield, diverse Hardwareprozessoren am Markt, die das A-Format ins B-Format umwandeln, und je nach Ausführung auch sofort Endformate – in der Regel Stereo – zur Verfügung stellen.

Seid einigen Jahren gibt es die Algorithmen auch als Software in Form von Plugins oder Standalone-Tools.

Neben der Hauptaufgabe des Prozessors, die Kapselsignale ins B-Format zu wandeln, dienen die Prozessoren meist auch als Mikrofonvorverstärker. Insbesondere Werte für Vorverstärkung und

sonstige Bearbeitungen wie Filter müssen in allen Kanälen identisch ausgeführt werden.

Da das Mikrofon aus allen Raumrichtungen gleichermaßen aufnimmt, ist zusätzlich ein Spezialregler vorhanden, mit dem die Direkteinsprechrichtung definiert werden kann.

In der Regel besteht ein Mikrofonsystem aus Mikrofon und Controller als Einheit.

Das B-Format wird am Prozessor diskret ausgegeben und kann nativ aufgezeichnet werden, die Wandlung ins Endformat kann dann in der Postproduktion erfolgen.

Bei den Hardwareprozessoren ist üblicherweise ein Stereoausgang für das Endformat vorhanden.

Überblick über aktuell verfügbare Mikrofonsysteme

Studio

- Soundfield MKV – Soundfieldmikrofon + analoger Stereocontroller
- Soundfield DSF-1 – Soundfieldmikrofon + digitaler Stereocontroller

Die Controller sind optimiert auf intuitives und schnelles Handling im Studiobetrieb, möglichst alle Parameter sollen im Direktzugriff sein.



Abb. 7 Soundfield - Mikrofon

Broadcast

- Soundfield SPS422B- –
Soundfieldmikrofon + analoger
Stereocontroller

- Soundfield DSR-2 –
Soundfieldmikrofon +
digitaler

Stereocontroller, Kabellängen bis 1,25km möglich

- Soundfield SP451 (analog) und DSF-3 (digital) – Surroundcontroller als Systemerweiterung zu SPS422B bzw. DSR-2



Abb. 8 Soundfield SPS 422B

Die Controller sind optimiert auf den Einsatz im Ü-Wagen, kompakte Bauform, sinnvolle Konnektivität und die Möglichkeiten zur einfachen und sicheren Presetverwaltung sind hier maßgeblich.

EB/Portable

- Soundfield ST350 / ST450

Kompaktes, leichtes (nur 290g) Soundfield-Mikrofon, auch für den Angelbetrieb verwendbar, und ein batteriegespeister Prozessor in Bauform eines EB-Mixers mit Stereomonitoring.

Standalone

- Soundfield SPS200
- CoreSound Tetramic – aktuell einziges Fremdanbieterprodukt

Tetraedermikrofone mit A-Format – Ausgang, zur direkten Aufzeichnung in der DAW (mit 4 hoffentlich identischen Preamps). Alle weiteren Bearbeitungen finden im Computer in Form von Plugins oder Standalone-Software statt.

Software

- Soundfield Surroundzone – Plugin
- CoreSound VVMic – Plugin
- AmbDec – Software
- Harpex B – Plugin

Je nach Ausführung dienen die Softwareprodukte zur Umwandlung von A-Format ins B-Format, B-Format in Endformate oder beides kombiniert. Bei den Plugins können dabei wie gewohnt Parameter automatisiert werden, so dass der Umwandlungsprozess ins Endformat in der Postproduktion/Mischung bestimmte Effekte auch kreativ eingesetzt werden kann.

Endformate

Aus dem B-Format können – entweder live in einem der Hardwareprozessoren, oder auch – und das ist ein entscheidender Vorteil - nachträglich in der Postproduktion (mit Hardware oder Plug-In) beliebige (auch mehrere unterschiedliche) Ausgangsformate erzeugt werden:

- Monosignale mit beliebiger Richtcharakteristik (Acht über Niere bis Omni stufenlos)
 - o Mit variabler, nachträglich bestimmbarer On-Axis
 - o Kann in Echtzeit angepasst/verändert werden, mit Plugin auch automatisiert (z.B. für Sounddesign könnte ein Mitschwenken der virtuellen Angel hörbar gemacht werden)
- Stereosignale, in erster Linie aus Koinzidenzmikrofonverfahren (XY, MS, je mit variablen Richtcharakteristika und variablem Öffnungswinkel)

Mit Software Harpex-B sind auch virtuelle Laufzeit-Techniken (ORTF, AB) möglich

- Je nach Prozessor: beliebige Surroundformate (5.0, 5.1, 6.1, 7.1 uvm), auch andere Formate basierend auf Ambisonics höherer Ordnung sind möglich (z.B. mit Harpex-B – Plugin)



Abb. 9 CoreSound Tetramic

- Spezialparameter:
 - Rotation, Neigung, Ausrichtung: nachträgliches Bestimmen der ‚On-Axis‘ möglich
 - Zoom: die Position des Mikrofons kann im Nachhinein variiert werden – sprich virtuell näher an die Schallquelle heran oder weiter weg. Dies funktioniert über Zumischen von mehr oder weniger W-Signal, und funktioniert abgesehen von Effekten wie Nahbesprechung auch erstaunlich gut.

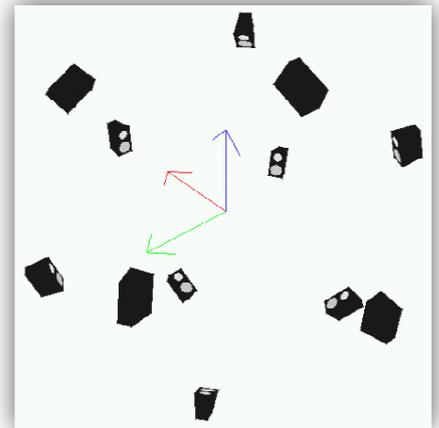


Abb. 10 Auswahl möglicher Lautsprecherpositionen

- In Surround:
 - Öffnungswinkel für die Lautsprechersysteme, Position der virtuellen Lautsprecher etc. nachträglich stufenlos einstellbar, ebenso wie die Richtdiagramme der verwendeten virtuellen Mikrofone

Klang des Mikrofons / Messwerte

Bei der klanglichen Bewertung eines Mikrofons ist es zweifelsohne schwierig, endgültige Aussagen zu treffen, und eine Bewertung ästhetischer Parameter soll auch nicht stattfinden. Auf Basis von Messungen, die von Helmut Wittek im Vergleich zu zwei Schoeps Mikrofonen durchgeführt und im Rahmen der Tonmeistertagung 2006 veröffentlicht wurden, lassen sich jedoch einige Ableitungen treffen.

Das Soundfield – Mikrophon liefert in tiefen und mittleren Frequenzen ein sehr homogenes Klangbild, insbesondere im Hinblick darauf, dass die Kugelcharakteristik ja aus der Matrixierung vierer Druckgradientensignale gebildet wird ist dies durchaus beachtlich. Dies zeigt auch der Vergleich mit dem echten Druckempfänger Schoeps Mk2 (vgl. Abb. 11 & 12).

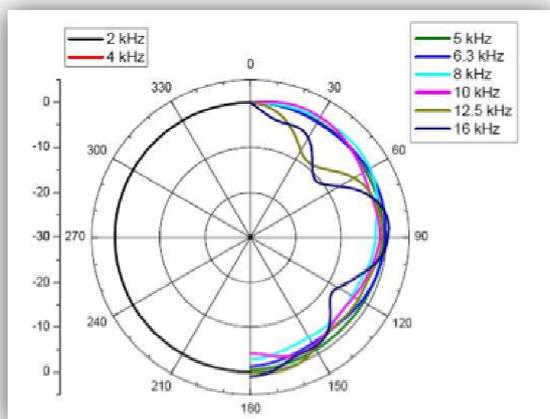


Abb. 11 Polardiagramm Kugelcharakteristik Soundfield

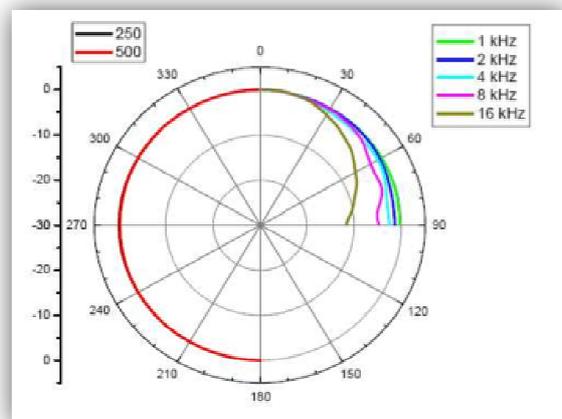


Abb. 12 Polardiagramm Kugelcharakteristik Schoeps Mk2

Zwar stimmen die verglichenen Frequenzen nicht überein, dennoch lässt sich erkennen, dass sich in den hohen Frequenzen, genauer ab ca. 6kHz die zunehmende Richtwirkung der einzelnen Nierenkapseln des Tetraederarrays bemerkbar macht. In der Praxis muss man dennoch recht genau hinhören, da sich diese Schwankungen ja nur in der obersten Oktave des hörbaren Spektrums abspielen, und wie so oft bei Mikrofonen nicht pauschal als ‚gut‘ oder ‚schlecht‘, sondern nur als ‚anders‘ wahrgenommen werden können, und von Situation zu Situation neu beurteilt werden müssen.

Die Hörbeispiele, die während des Referats angespielt wurden, können unter www.soundfield.com heruntergeladen werden, ebenso wie eine Testversionen des Plugins. Das im Vortrag verwendete Plugin Harpex-B ist als voll funktionsfähige 30 Tage Demo unter www.harpex.net verfügbar.

Fazit

Das Soundfieldmikrofon ist in erster Linie eine interessante Technologie, klanglich durchaus überzeugend, und die Möglichkeiten zur Nachbearbeitung sind mehr als ausreichend. Insbesondere im Broadcast, wo es nach wie vor auf Monokompatibilität ankommt, gleichzeitig jedoch auch hochwertiger Stereo und Mehrkanalton benötigt wird, spielt das System seine Vorzüge aus. Auch die Zeitersparnis beim Aufbau und die Möglichkeit zur Fernsteuerung sind hier von Vorteil.

In allen anderen Anwendungsbereichen, wo diese Parameter keine Rolle spielen, und man im Gegenteil häufig auf Laufzeitverfahren für Mehrkanalaufnahmen präferiert, ist das Mikrofon jedoch schlechter geeignet, und auch deutlich unflexibler als dedizierte Mikrofone, die je nach Anwendung auf für andere, und nicht nur für koinzidente Aufnahmeverfahren verwendet werden können. Nicht zuletzt aufgrund des hohen Anschaffungspreises ist die Verbreitung in Tonstudios daher nicht besonders hoch.

Quellen

<http://www.soundfield.com>

<http://en.wikipedia.org/wiki/Ambisonics>

<http://de.wikipedia.org/wiki/Ambisonics>

<http://www.hauptmikrofon.de>

<http://harpex.net/>

<http://ambisonic.info/tetramic.html>

<http://vvaudio.com>

<http://www.gearslutz.com/board/remote-possibilities-acoustic-music-location-recording/547304-soundfield-mic-stereo-application-2.html>

<http://www.core-sound.com>

<http://www.radio.ugam.ca/ambisonic/>

<http://www.bbc.co.uk/blogs/researchanddevelopment/2010/03/audio-in-the-north-part-1.shtml>

<http://www.michaelgerzonphotos.org.uk/>