



Aufnahme- und Produktionstechniken für Higher-order Ambisonics und Wellenfeldsynthese

Jörn Nettingsmeier, Essen

nettings@stackingdwarves.net
<http://stackingdwarves.net>

>>> Überblick <<<

1. Repräsentationen des Audio-Materials...

1. ...in der physikalischen Realität
2. ...in Stereo, 5.1. und ähnlichen Verfahren
3. ...in der Wellenfeldsynthese
4. ...in (Higher-order) Ambisonics (Exkurs HOA)
...und die Konsequenzen für die Produktion

2. Aufnahmetechniken für HOA und WFS

1. naiver Ansatz: Einzelquellen
2. systematischer Ansatz: B-Format, spherical sampling
3. hybride Aufnahmetechniken

3. Eine HOA-Toolchain mit freier Software unter Linux und Mac OS X

1.1 Repräsentation des Audio-Materials in der Realität

Kirchhoff-Helmholtz-Integral:

„Wenn man den Schalldruck und die Schallschnelle auf jedem Punkt der Oberfläche eines quellen-freien Volumens kennt, hat man eine vollständige Beschreibung des inneren Schallfeldes.“

Theorie: unendlich viele Mikrofone und Lautsprecher.

1.2 Repräsentation des Audio-Materials in Stereo, 5.1. etc.

kanalbasiert:

An diskreten Orten wird das Schallfeld gesampelt (AB, XY, OCT-Surround) und von diskreten Lautsprechern wiedergegeben (oder es wird durch Panning aus Mono-Quellen ein willkürliches Schallfeld konstruiert).

Jeder Kanal entspricht einem Lautsprecher-Signal.

1.3 Repräsentation des Audio-Materials in WFS

objekt-basiert:

Diskrete (monophonische) Schallereignisse
plus
Parameter (Position, Bewegung, Ausdehnung)

Es gibt keine geschlossene Signal-Repräsentation.

Das Schallfeld wird aus Signalen und einer parametrisierten Beschreibung (out-of-band) gerendert.

1.4 Repräsentation des Audio-Materials in Ambisonics

schallfeld-basiert:

An einem Ort wird das Schallfeld in alle Raumrichtungen gesampelt (B-Format).

Die Aufnahme und Wiedergabe an diesem Ort ist theoretisch perfekt.

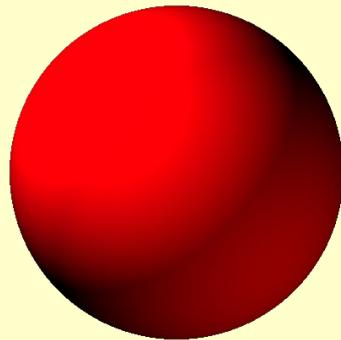
Das B-Format ist lautsprecher-unabhängig.

1.4 Repräsentation des Audio-Materials in Ambisonics

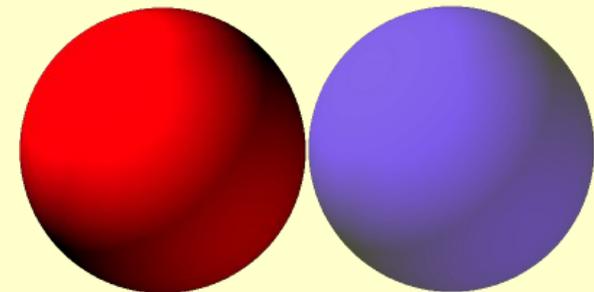
Exkurs M/S-Stereophonie:

Mittensignal + Seitensignal

M



S



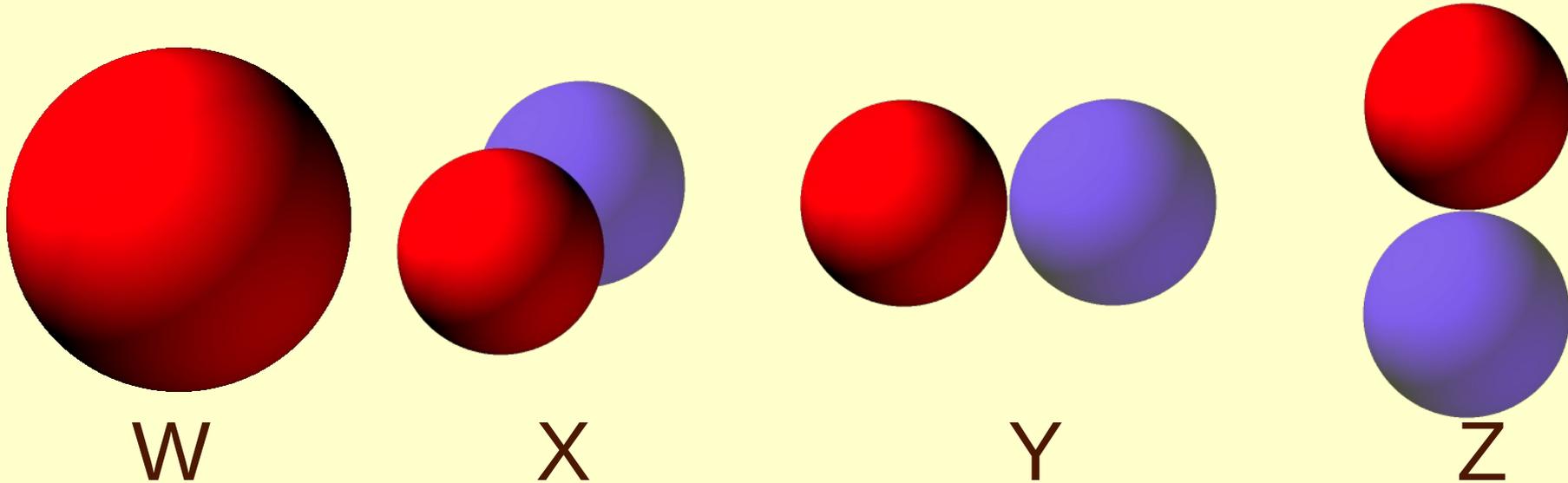
Linker Kanal: $M + k \cdot S$

Rechter Kanal: $M - k \cdot S$

Basisbreite über k variabel !

1.4 Repräsentation des Audio-Materials in Ambisonics

mono + vorn/hinten + links/rechts + oben/unten



Lautsprecher-Quadrat:



vorn links: $W+X+Y$

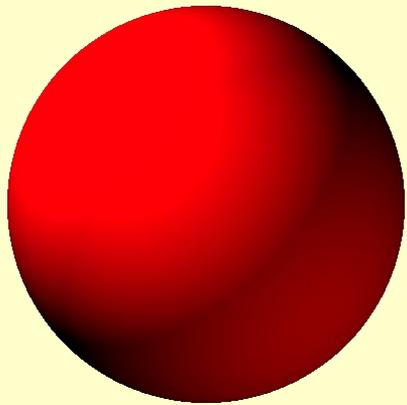
vorn rechts: $W+X-Y$

hinten links: $W-X+Y$

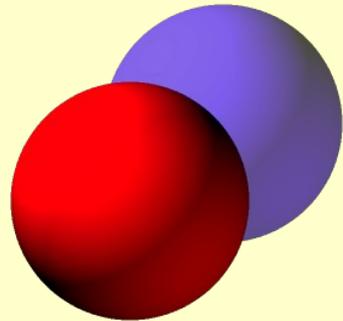
hinten rechts: $W-X-Y$

1.4 Repräsentation des Audio-Materials in Ambisonics

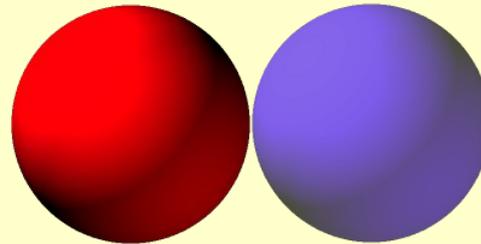
mono + vorn/hinten + links/rechts + oben/unten



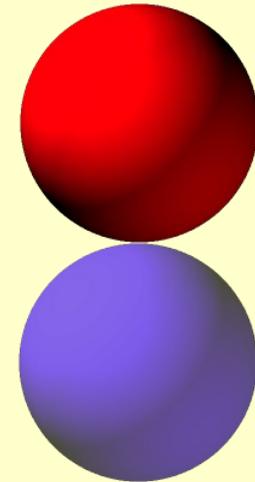
W



X

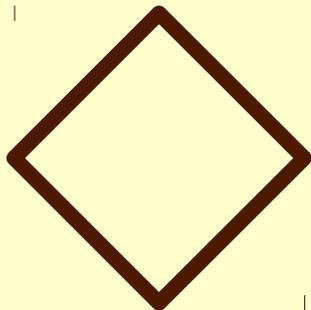


Y



Z

alternatives Layout:



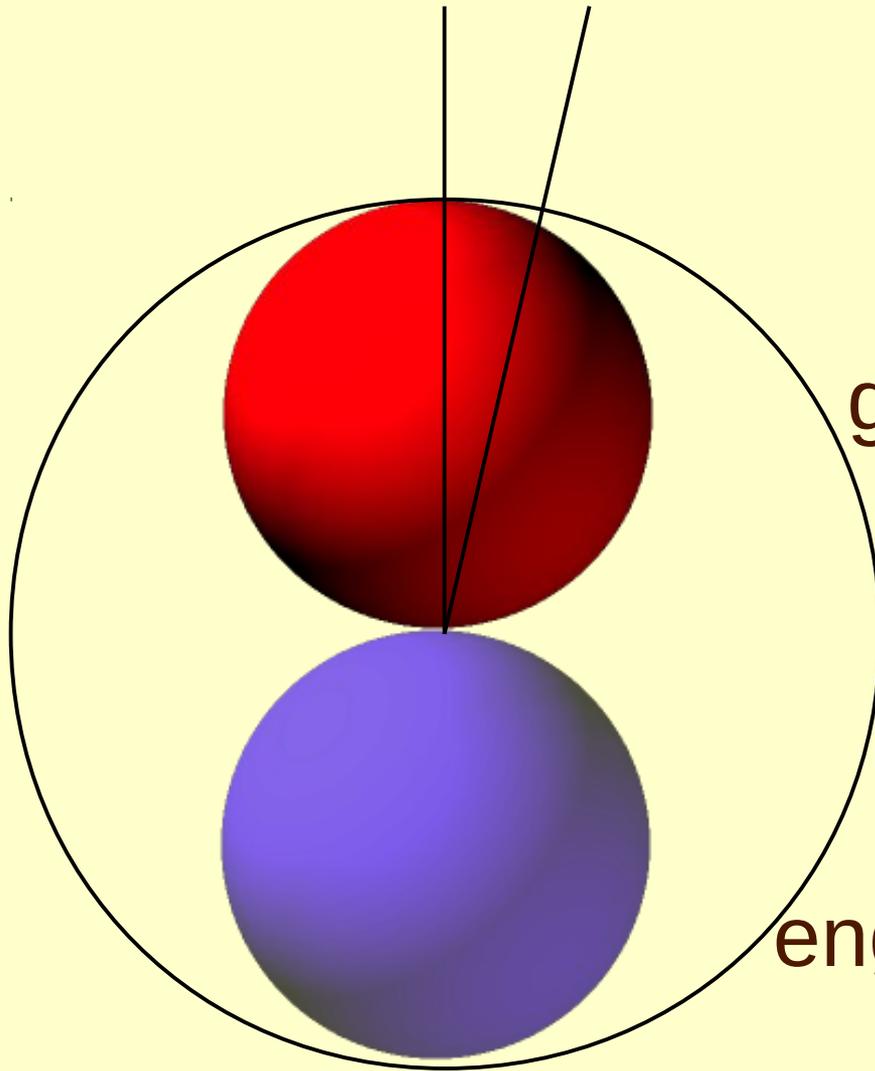
vorn: $W + X$

Seite links: $W + Y$

Seite rechts: $W - Y$

hinten: $W - X$

1.4 Repräsentation des Audio-Materials in Ambisonics



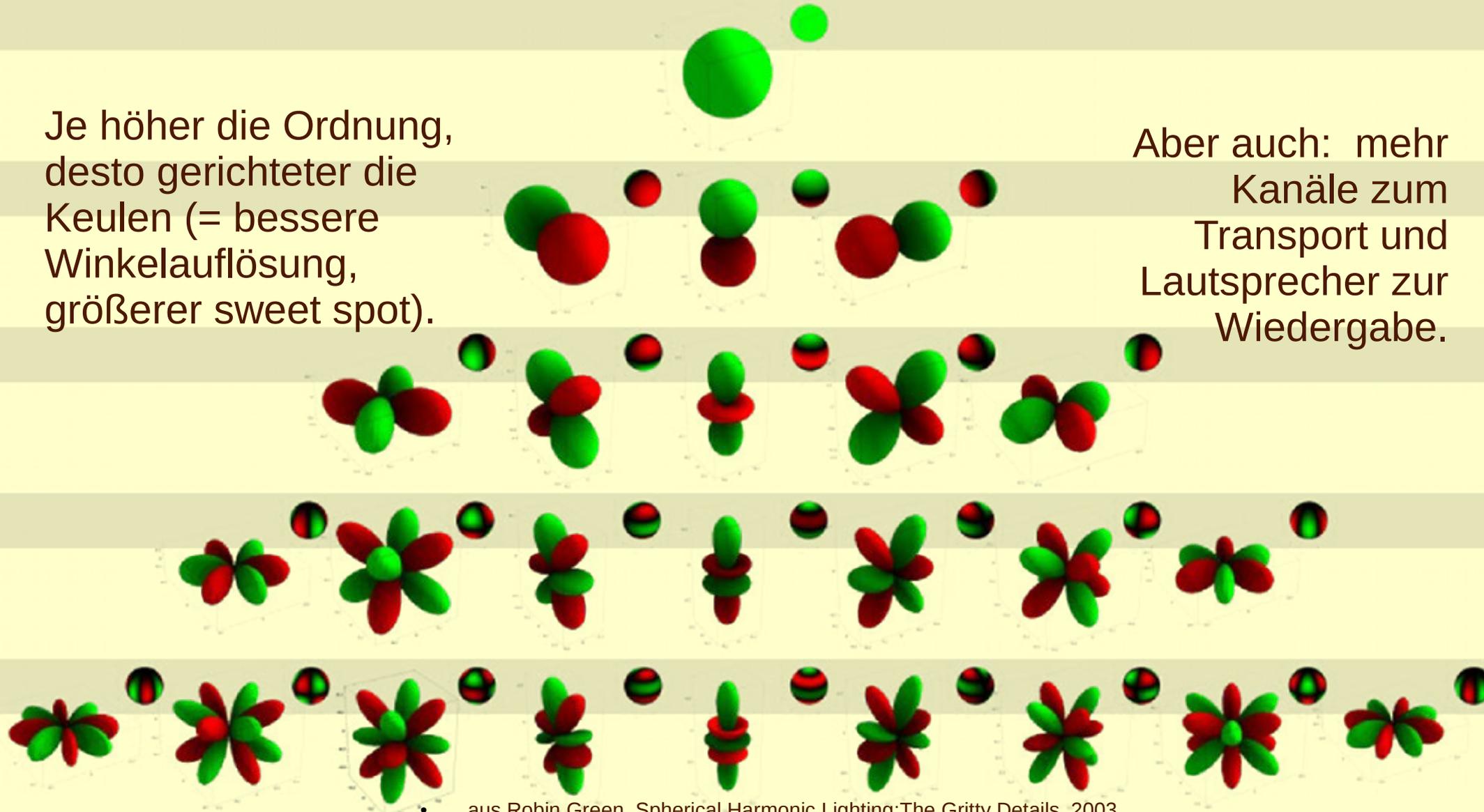
Problem:
geringe Winkelauflösung

gesucht:
engere Richtcharakteristiken

1.4 Repräsentation des Audio-Materials in Ambisonics

Je höher die Ordnung, desto gerichteter die Keulen (= bessere Winkelauflösung, größerer sweet spot).

Aber auch: mehr Kanäle zum Transport und Lautsprecher zur Wiedergabe.



• aus Robin Green, Spherical Harmonic Lighting: The Gritty Details, 2003

1. Repräsentationen des Audio-Materials

- a) **diskret** oder **kanal-basiert** (Stereo, 5.1, ..., 22.2, ...)
lautsprecherabhängig, in-band

- b) **objekt-basiert** (WFS)
lautsprecherunabhängig, out-of-band

- c) **schallfeld-basiert** (Ambisonics)
lautsprecherunabhängig, in-band

1. Repräsentationen des Audio-Materials

- a) **diagnostisch oder kanal-basiert** (Stereo, 5.1, ..., 22.2, ...)
lautsprecherabhängig, in-band
- b) **schallfeld-basiert** (Ambisonics)
lautsprecherunabhängig, in-band
- c) **objekt-basiert** (WFS)
lautsprecherunabhängig, out-of-band

1. Repräsentationen des Audio-Materials

~~a) **diskret oder kanal-basiert** (Stereo, 5.1, ..., 22.2, ...)
lautsprecherabhängig, in-band~~

b) **schallfeld-basiert** (Ambisonics)
lautsprecherunabhängig, in-band

c) **objekt-basiert** (WFS)
lautsprecherunabhängig, out-of-band

1. Repräsentationen des Audio-Materials

Out-of-band (d.h. Durch Metadaten):

- lautsprecherunabhängig
- sehr zweckmäßig für Komposition und Sound-Design, jederzeit leicht zu überarbeiten
- aber: keine Möglichkeit, natürliche Schallereignisse aufzuzeichnen
(höchstens: Analyse->Resynthese)
- schwierig in Standard-Audio-Workflows zu integrieren
- Komplexität $O(N)$ für N Quellen
- Hohe, konstante Anforderungen an die Wiedergabeseite

1. Repräsentationen des Audio-Materials

in-band:

- lautsprecherunabhängig
- geeignet für Mikrofonaufzeichnung
- gut in Standard-Audio-Workflows zu integrieren
- aber: unintuitiv, die einzelnen Kanäle haben keine leicht erfassbare Bedeutung, schwer bis unmöglich nachträglich zu manipulieren
- Komplexität $O(1)$ für beliebig viele Quellen
- skaliert fließend für $1 - \infty$ Kanäle (auch auf der Wiedergabeseite)

2. Aufnahmetechniken für HOA und WFS

- 1. naiver Ansatz: Einzelquellen**
- 2. systematischer Ansatz: B-Format, spherical sampling**
- 3. hybride Aufnahmetechniken**

2.1 Aufnahmetechniken: naiver Ansatz

„Microphone curtain“
oder große Anzahl von Spot-Mikrofonen
+ künstliches Panning
+ evtl. diffuser Nachhall (Hamasaki etc.)

 Direktsound

 später Hall

frühe Reflexionen 

2.2 Aufnahmetechniken: systematischer Ansatz (B-Format)

Soundfield-Mikrofon:

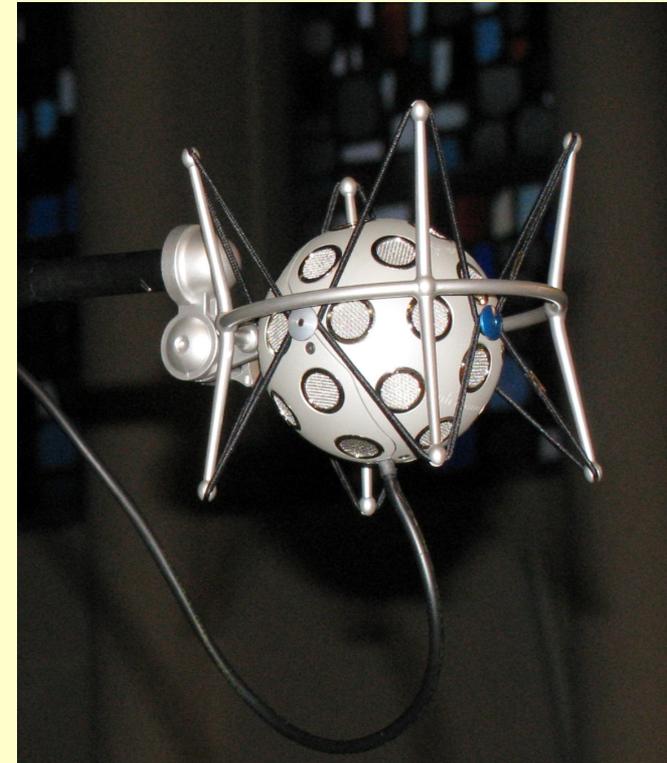


absolut korrekte Wiedergabe
aller Parameter am Hörort



aber: u.U. zu diffus und instabil

Higher-order-Mikrofone noch
nicht serienreif.

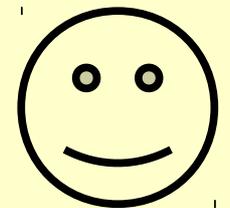


2.3 Aufnahmetechniken: hybrides Verfahren

Soundfield-Mikrofon
+ Stützen mit künstlichem Panning in HOA

 absolut korrekte Wiedergabe aller Parameter
am Hörort

Stabilisierung und Fokussierung des
Klangbildes durch Stützen.



3. HOA-Toolchain mit freier Software

- JACK (<http://jackaudio.org>)
- Ardour (<http://ardour.org>)
- AMB plugins (<http://kokkinizita.net>)
- AmbDec decoder (dto.)
- JConvolver (für Faltungshall bzw. UHJ-Encoding)
- TetraProc (A->B-Format)

siehe auch:

http://cec.concordia.ca/econtact/11_3/nettingsmeier_ambisonics.html

<http://ardour.stackingdwarves.net/ardour-en/8-ARDOUR/279-ARDOUR/280-ARDOUR.html>

13 VL L KM-184 14 VL R KM-184 21SF1 22SF2 23SF 24SF4 25TM1 26TM2 27TM3 28TM4 Soundfield TetraMic Master MonA3 MonA2 MonA1 MnUJH

Record Record Rec Rec Rec Rec Rec Rec

Simple delay li Simple delay li SfProc TetraProc UHJnc

4 *4* *104* Mas Mas Mas Mas

13 VL L KM-184: AMB order 3,3 panner (by Joeri)

Presets Save Bypass

Controls

Elevation 10.000

Azimuth -24.375

14 VL R KM-184: AMB order 3,3 panner (by Joeri)

Presets Save Bypass

Controls

Elevation 10.000 Manual

Azimuth 24.375 Manual

Connections - JACK Audio Connection Kit

Audio MIDI ALSA

Readable Clients / Output Ports

- ardour
- hex1
- hex2
- jconv-DRC
- jconv-UHJenc
- sfproc
- system
- tetraproc

Writable Clients / Input Ports

- ardour
- hex1
- hex2
- jconv-DRC
- jconv-UHJenc
- sfproc
- system
- tetraproc

Connect Disconnect DisconnectAll Refresh



Master: AMB order 3,3 rotator (by Joern He)

Presets Save Bypass

Controls

Angle 0.000 Manual

AmbDec - 0.4.2 [hex2]

Volume

Config Int 1 3 5 Ext 2 4 6

HPF 10 20 40 80 160

Mute LF RF LB RB

Invert X Y Z EndFire

Config

TETRAPROC - Tetrahedral Microphone Processor - 0.6.2

Core Sound Tetramic ~2050 FuMa

W X Y Z

Elev 9

B L Azim R

0 Angle 18

0mni Card Fig

Meters Inp Mon Monit Rec Ext

Volume -50 -40 -30 -20 -10 0 10

Xtalk Mon

3. HOA-Toolchain mit freier Software

HOA ist sehr gut zur Wiedergabe auf WFS-Systemen geeignet!

virtuelle Quellen in großem Abstand
(ebene Wellen!)

je nach Ordnung 4, 6 oder 8 Quellen
als Quadrat, Sechs- oder Achteck

Weitere Infos...

- Proceedings der Ambisonics Symposia:
<http://ambisonics.iem.at/symposium2009/proceedings>
<http://ambisonics10.ircam.fr/drupal/?q=proceedings>
- Fons Adriaensens freie Ambi-Software für Linux:
<http://kokkinizita.net/ambisonics/index.html>
- Stefan Meltzer et al., An object oriented mixing approach for the design of spatial audio scenes. In: Proceedings der 25. Tonmeistertagung 2008
- Frank Melchior et al., Spatial Sound Design: From Special Effects to Spatial Effects. In: Proceedings der 25. Tonmeistertagung 2008
- Praktische Papers/Tutorials zum Thema Ambisonics/Linux:
http://stackingdwarves.net/public_stuff/linux_audio/



Vielen Dank!

Noch Fragen?