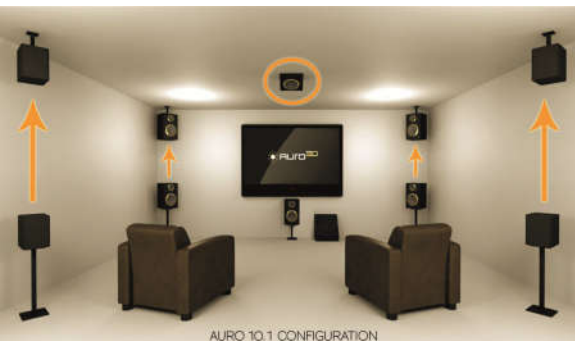




3D-Audio

3D-Audio
Räumliches Hören
Räumliche Wieder-
gabetechniken
Einzelne Quellen
Stereofonie
3D-Stereo
WFS, HOA
Binaural
Kombinationen



LV Hochschule der Medien
WS 2015/2016

Stand 05.11.2015



Helmut Wittek
hauptmikrofon.de
HOCHSCHULE DER MEDIEN



3D-Audio
Räumliches Hören
Räumliche Wieder-
gabetechniken
Einzelne Quellen
Stereofonie
3D-Stereo
WFS, HOA
Binaural
Kombinationen

Helmut Wittek
hauptmikrofon.de
HOCHSCHULE DER MEDIEN



3D-Audio
Räumliches Hören
Räumliche Wieder-
gabetechniken
Einzelne Quellen
Stereofonie
3D-Stereo
WFS, HOA
Binaural
Kombinationen

Helmut Wittek
hauptmikrofon.de

HOCHSCHULE DER MEDIEN

- Test recordings in the Galaxy Studios, Belg

- OCT 9

- Omni array



3D-Audio
Räumliches Hören
Räumliche Wieder-
gabetechniken
Einzelne Quellen
Stereofonie
3D-Stereo
WFS, HOA
Binaural
Kombinationen

Helmut Wittek
hauptmikrofon.de

HOCHSCHULE DER MEDIEN



3D-Audio
Räumliches Hören
Räumliche Wieder-
gabetechniken
Einzelne Quellen
Stereofonie
3D-Stereo
WFS, HOA
Binaural
Kombinationen

Helmut Wittek
hauptmikrofon.de

HOCHSCHULE DER MEDIEN



3D-Audio
Räumliches Hören
Räumliche Wieder-
gabetechniken
Einzelne Quellen
Stereofonie
3D-Stereo
WFS, HOA
Binaural
Kombinationen



3D-Audio
Räumliches Hören
Räumliche Wiedergabetechniken
Einzelne Quellen
Stereofonie
3D-Stereo
WFS, HOA
Binaural
Kombinationen

Helmut Wittek
hauptmikrofon.de

HOCHSCHULE DER MEDIEN

- <https://youtu.be/9JYLwncJouY?t=5s>
- Atmospheres
- <https://youtu.be/L-LIPxiyV1c?t=52s>
- Architektur Begehung

3D-Audio
Räumliches Hören
Räumliche Wieder-
gabetechniken
Einzelne Quellen
Stereofonie
3D-Stereo
WFS, HOA
Binaural
Kombinationen

- Klangfarbe oder Raum?
- Rumsey et al. (2005) „*On the relative importance of spatial and timbral fidelities in judgments of degraded multichannel audio quality*“, JASA 118/2, August 2005, pp.968ff.
 - **BAQ**: „Basic Audio Quality“
 - **Frontal**: „Frontal Spatial Fidelity“
 - **Timbral**: „Timbral Fidelity“
 - **Surround**: „Surround Spatial Fidelity“
 - $BAQ = 0.80 \text{ Timbral} + 0.30 \text{ Frontal} + 0.09 \text{ Surround} - 18.7$

3D-Audio 

Räumliches Hören

Räumliche Wieder-
gabetechniken

Einzelne Quellen

Stereofonie

3D-Stereo

WFS, HOA

Binaural

Kombinationen

Helmut Wittek

hauptmikrofon.de


HOCHSCHULE DER MEDIEN

- $BAQ = 0.80 \text{ Timbral} + 0.30 \text{ Frontal} + 0.09 \text{ Surround} - 18.7$

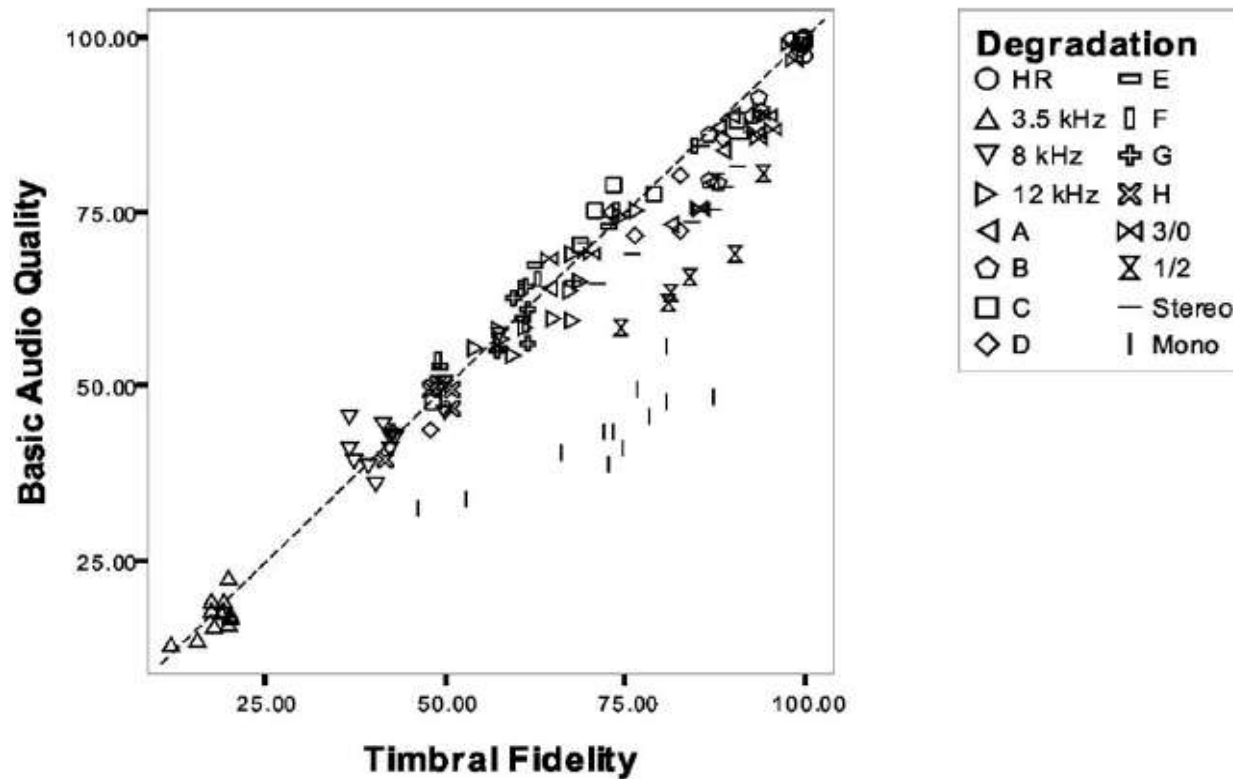

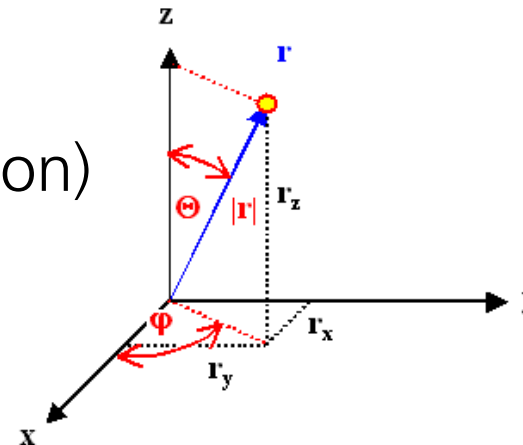
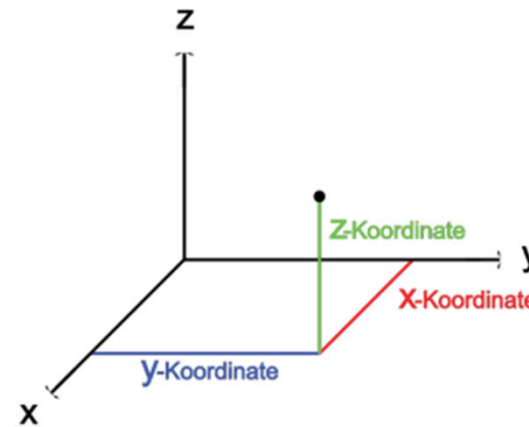



FIG. 1. Scatter plot of basic audio quality scores as a function of timbral fidelity scores. Scores averaged across subjects (dashed line $y=x$).

3D-Audio 
 Räumliches Hören
 Räumliche Wieder-
 gabetechniken
 Einzelne Quellen
 Stereophonie
 3D-Stereo
 WFS, HOA
 Binaural
 Kombinationen

- Was ist 3D-Audio?
 - Räumliche Wiedergabe
 - 3D: 3-dimensional = 3 Raumdimensionen
- Kartesisch (Höhe, Breite, Tiefe)
- Polar (Distanz, Azimuth, Elevation)



3D-Audio 
 Räumliches Hören
 Räumliche Wieder-
 gabetechniken
 Einzelne Quellen
 Stereophonie
 3D-Stereo
 WFS, HOA
 Binaural
 Kombinationen

- Was ist 2D?
- Flaches Bild
(Höhe*Breite)



- Tonwiedergabe nur in der Horizontalebene (Breite*Tiefe)
 - 2D Systeme: 2/0, 3/2 (5.1)



3D-Audio 

Räumliches Hören

Räumliche Wieder-
gabetechniken

Einzelne Quellen

Stereofonie

3D-Stereo

WFS, HOA

Binaural

Kombinationen

Helmut Wittek

hauptmikrofon.de


HOCHSCHULE DER MEDIEN

- 2D Bild: Breite*Höhe
- 2D Ton: Breite***Tiefe**

- 3D Bild: Breite*Höhe***Tiefe**
- 3D Ton: Breite***Tiefe***Höhe

3D-Audio 

Räumliches Hören

Räumliche Wieder-
gabetechniken

Einzelne Quellen

Stereofonie

3D-Stereo

WFS, HOA

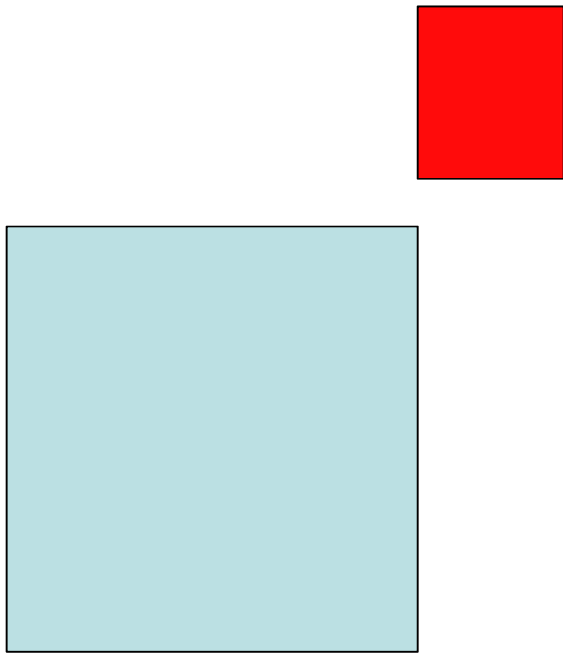
Binaural

Kombinationen

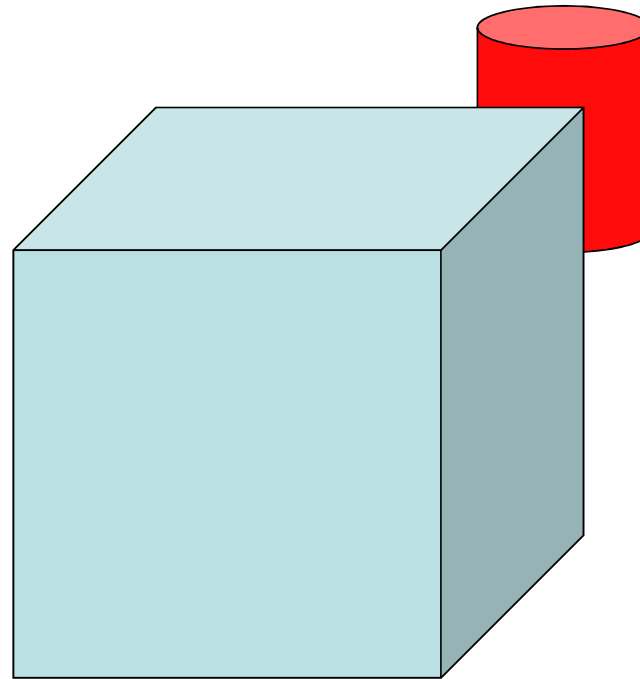
Helmut Wittek
hauptmikrofon.de


HOCHSCHULE DER MEDIEN


- Echte und „falsche“ **Tiefe**
- Bild:



2D



„2D-Darstellung einer 3D-Szene“

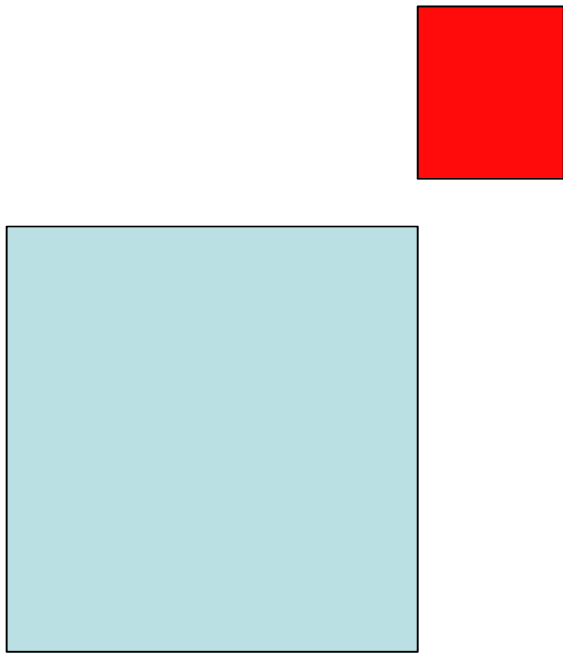
3D-Audio 
 Räumliches Hören
 Räumliche Wieder-
 gabetechniken
 Einzelne Quellen
 Stereophonie
 3D-Stereo
 WFS, HOA
 Binaural
 Kombinationen

Helmut Wittek
 hauptmikrofon.de

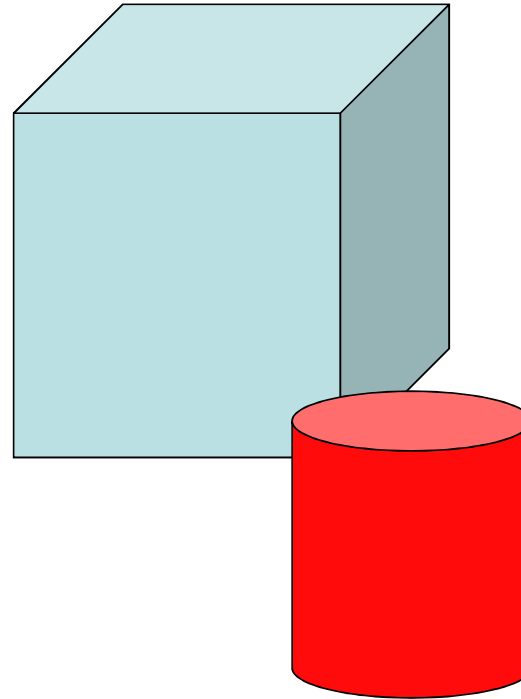

 HOCHSCHULE DER MEDIEN

REF Helmut Wittek, 2008: “Perceptual differences between wavefield synthesis and stereophony”,
http://hauptmikrofon.de/HW/Wittek_thesis_201207.pdf

- Echte und „falsche“ **Tiefe**
- Bild:



2D



„2D-Darstellung einer 3D-Szene“

3D-Audio 

Räumliches Hören

Räumliche Wieder-
gabetechniken

Einzelne Quellen

Stereofonie

3D-Stereo

WFS, HOA

Binaural

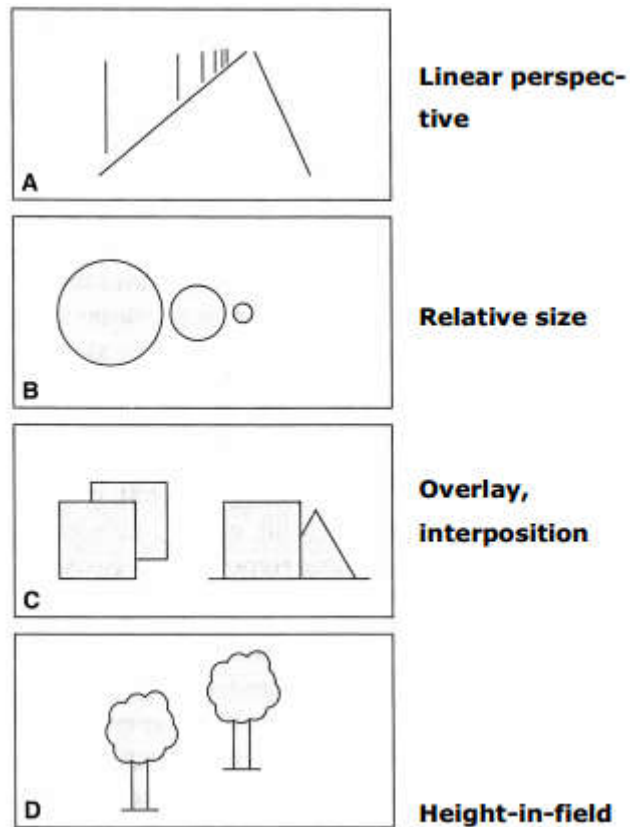
Kombinationen


Helmut Wittek

hauptmikrofon.de


HOCHSCHULE DER MEDIEN

- Echte und „falsche“ **Tiefe**
- Bild: 2D Darstellungswege für eine 3D-Szene (Pseudo-**Tiefe**/ Simulation der **Tiefe**)



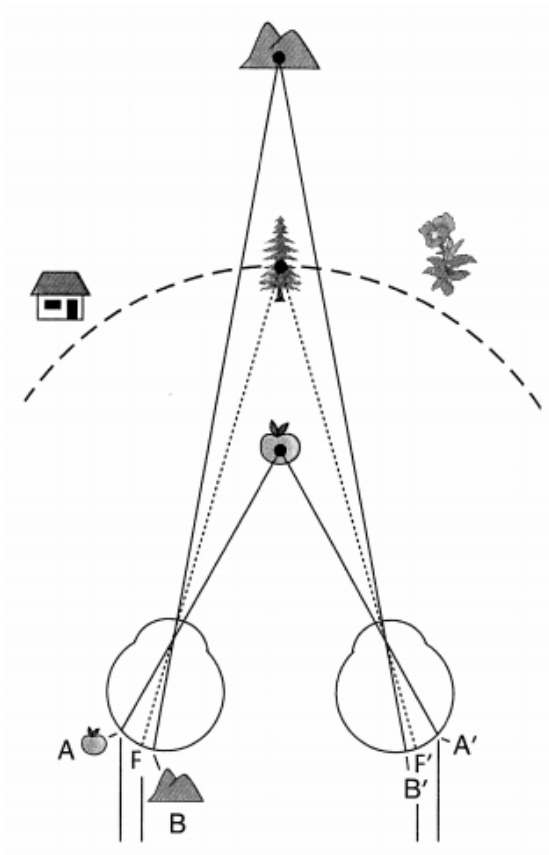
3D-Audio 
 Räumliches Hören
 Räumliche Wiedergabetechniken
 Einzelne Quellen
 Stereophonie
 3D-Stereo
 WFS, HOA
 Binaural
 Kombinationen


Helmut Wittek
 hauptmikrofon.de


 HOCHSCHULE DER MEDIEN

REF Helmut Wittek, 2008: "Perceptual differences between wavefield synthesis and stereophony", http://hauptmikrofon.de/HW/Wittek_thesis_201207.pdf

- Echte und „falsche“ **Tiefe**
- Bild: echte **Tiefe**, echte 3D Darstellung („binocular“)



3D-Audio 
 Räumliches Hören
 Räumliche Wieder-
 gabetechniken
 Einzelne Quellen
 Stereophonie
 3D-Stereo
 WFS, HOA
 Binaural
 Kombinationen

Helmut Wittek
 hauptmikrofon.de

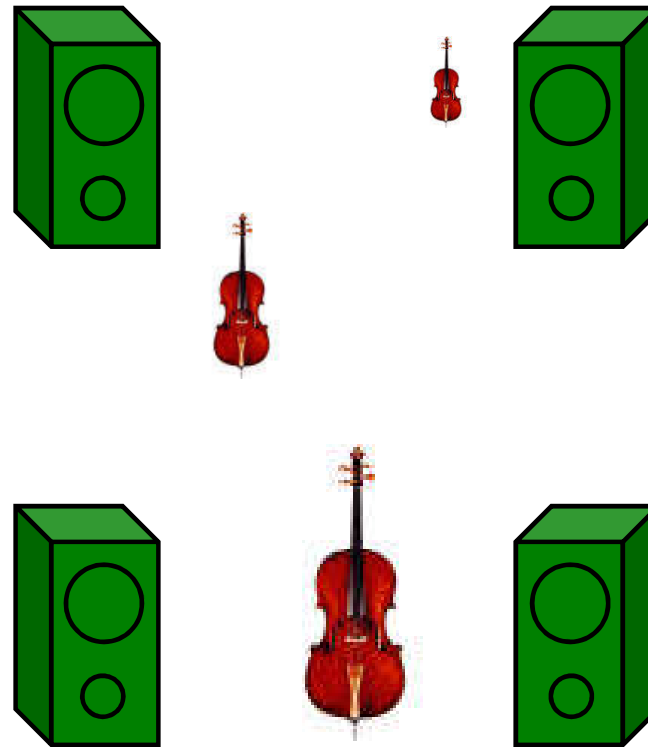

 HOCHSCHULE DER MEDIEN

REF Helmut Wittek, 2008: “Perceptual differences between wavefield synthesis and stereophony”,
http://hauptmikrofon.de/HW/Wittek_thesis_201207.pdf

- Echte und „falsche“ **Tiefe**
- Ton: 2D und 3D



2D (Breite**Tiefe*)



3D (Breite**Tiefe***Höhe*)

3D-Audio 

Räumliches Hören

Räumliche Wieder-
gabetechniken

Einzelne Quellen

Stereofonie

3D-Stereo

WFS, HOA

Binaural

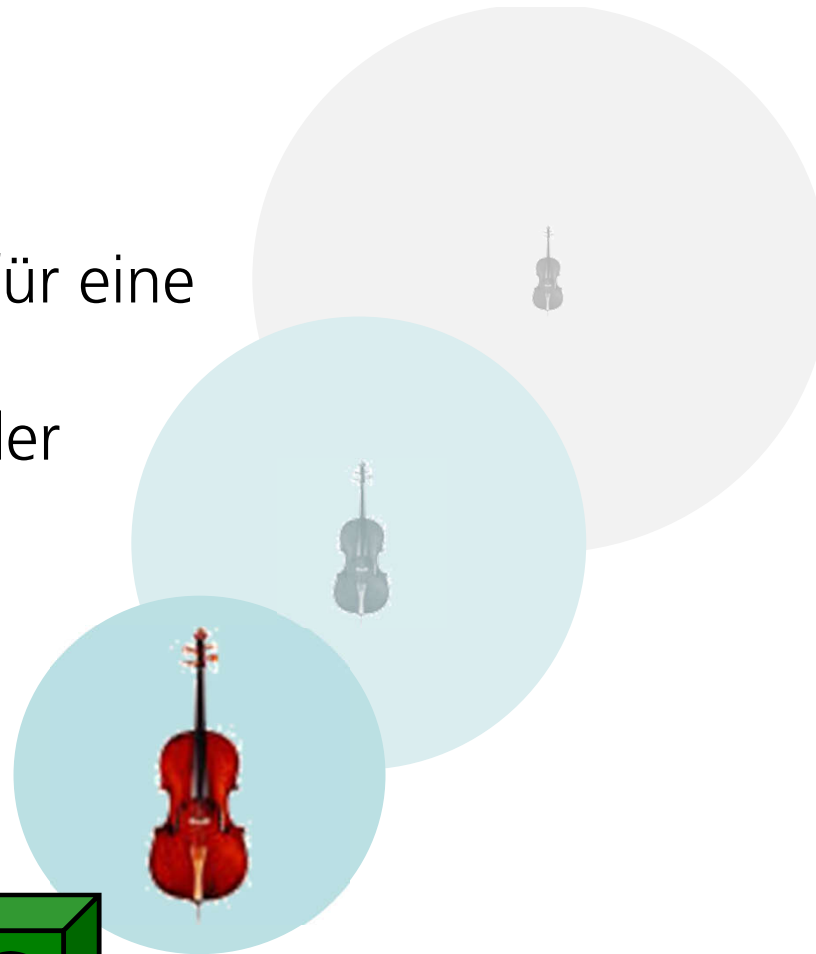
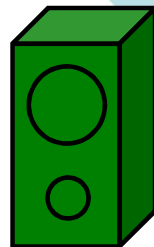
Kombinationen


Helmut Wittek

hauptmikrofon.de


HOCHSCHULE DER MEDIEN

- Echte und „falsche“ **Tiefe**
- Ton: 2D Darstellungswege für eine 3D-Szene
(Pseudo-**Tiefe**/ Simulation der **Tiefe**)
- Lautstärke
- Direkt/Diffus-Verhältnis
- Spektrum
- Interaktion mit nicht-akustischen Merkmalen

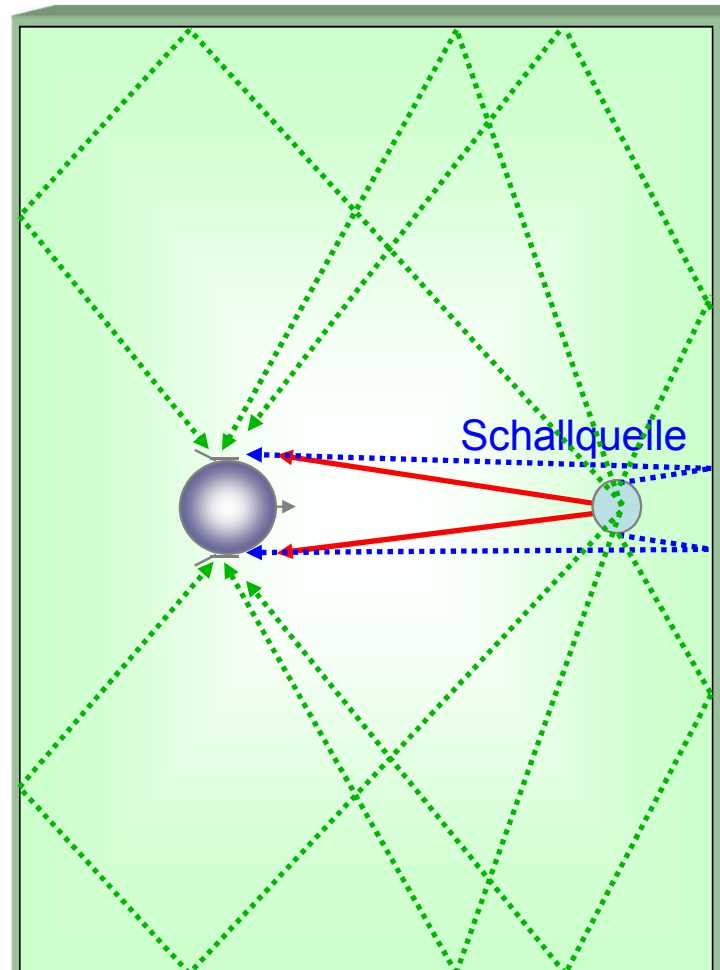


3D-Audio 
 Räumliches Hören
 Räumliche Wieder-
 gabetechniken
 Einzelne Quellen
 Stereophonie
 3D-Stereo
 WFS, HOA
 Binaural
 Kombinationen

Helmut Wittek
 hauptmikrofon.de


 HOCHSCHULE DER MEDIEN

- Echte und „falsche“ **Tiefe**
- Ton: echte **Tiefe**, echte 3D Darstellung („binaural“)
- Komplexes 3D-Reflektionsmuster
- Binaurale Merkmale von Distanzunterschieden (ins Ohr „flüstern“)



3D-Audio 

Räumliches Hören

Räumliche Wieder-
gabetechniken

Einzelne Quellen

Stereofonie

3D-Stereo

WFS, HOA

Binaural

Kombinationen

Helmut Wittek

hauptmikrofon.de


HOCHSCHULE DER MEDIEN

- **3D-Audio** bezeichnet Tonwiedergabe, wobei der wiedergegebene Schall aus allen Richtungen und Entfernungen wahrgenommen wird.
- Beispiele 2D:
 - Zweikanal-Stereofonie
 - Mehrkanal-Stereofonie (5.1)
- Beispiele 3D:
 - Stereofonie: 5.1+ Höhe, Auro3D, Dolby Atmos
 - Wellenfeldsynthese, IOSONO
 - Ambisonics
 - Kunstkopfstereofonie, Binauraltechnik, VR
 - Elektro-Akustische Kunst

3D-Audio 

Räumliches Hören

Räumliche Wieder-
gabetechniken

Einzelne Quellen

Stereofonie

3D-Stereo

WFS, HOA

Binaural

Kombinationen

Helmut Wittek

hauptmikrofon.de


HOCHSCHULE DER MEDIEN

- 2,5D*, 3,5D oder 4D?
- Merkmale, die als zusätzliche Dimension gezählt werden können oder eine halbe Pseudo-Dimension ergeben können:
 - Interaktivität
 - Intraaktivität
 - Zeit

*Der Begriff 2,5D wird auch bei nicht-vollständigen 3D Datenmodellen verwendet, also z.B. Höhenmodellen, bei denen einem Punkt in X/Y nur ein Z-Wert zugeordnet ist. Damit kann z.B. kein Überhang oder keine Steilwand simuliert werden.

<https://de.wikipedia.org/wiki/2%C2%BDD>

3D-Audio 

Räumliches Hören

Räumliche Wieder-
gabetechniken

Einzelne Quellen

Stereofonie

3D-Stereo

WFS, HOA

Binaural

Kombinationen

Helmut Wittek

hauptmikrofon.de


HOCHSCHULE DER MEDIEN

- 2,5D, 3,5D oder 4D?
- Beispiele:
 - Interaktivität: Computerspiele, TV: umschaltbare Kameraperspektiven
 - Intraaktivität: VR (z.B. Oculus), Computerspiele
 - Zeit: Film: allmähliches Herumfahren in einer Szene

3D-Audio 

Räumliches Hören

Räumliche Wieder-
gabetechniken

Einzelne Quellen

Stereofonie

3D-Stereo

WFS, HOA

Binaural


Kombinationen

Helmut Wittek
hauptmikrofon.de

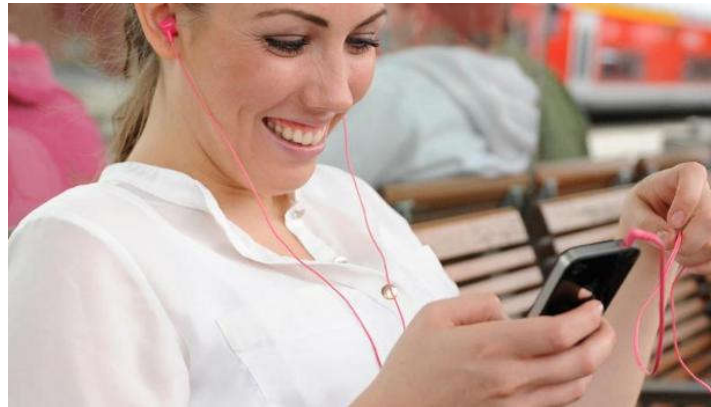

HOCHSCHULE DER MEDIEN

- Motivation für 3D-Audio
- Industrie sucht neue Absatzchancen - etwas "Neues"
- Interaktives 3D-Video ist erfolgreich und benötigt Ton!
- Technische Möglichkeiten haben sich weiterentwickelt, Preise fallen:
bessere und billige und kleine Sensoren, mehr Übertragungs-Kanäle, performantere Chips, bessere Algorithmen, schnelleres Processing, höhere Datenraten



3D-Audio 
 Räumliches Hören
 Räumliche Wiedergabetechniken
 Einzelne Quellen
 Stereophonie
 3D-Stereo
 WFS, HOA
 Binaural
 Kombinationen

- Motivation für 3D-Audio
- Weiterentwicklung der Multichannel-Formate
2.0 → 5.1 → X.Y
- Gaming: hohe kommerzielle Relevanz
- „Personal Audio“:
Kopfhörer-Hören ist seit
Smartphone und iPod
weit verbreitet.
Laut BITKOM (2013)
konsumieren 93% der
14- bis 29-Jährigen Audio über Kopfhörer - meistens in
Zusammenhang mit dem Smartphone



3D-Audio 

Räumliches Hören

Räumliche Wieder-
gabetechniken

Einzelne Quellen

Stereofonie

3D-Stereo

WFS, HOA

Binaural


Kombinationen

Helmut Wittek
hauptmikrofon.de


HOCHSCHULE DER MEDIEN

- Ziele von 3D-Audio:
- Bessere räumliche Wiedergabe
- Erhöhung der Natürlichkeit einer Szene, Verbesserung der Klangfarbe
- Größere Hörzone, Wegfallen der Einschränkung eines „Sweet Spots“
- Eintauchen in die virtuelle Welt
- Mehr Informationen über die Räumlichkeit der Szene durch das Audiosignal
- Verringerung der bewussten Gedankenleistung bei der Umsetzung der virtuellen Szene, dadurch mögliche Erhöhung der Informationsdichte



3D-Audio 
 Räumliches Hören
 Räumliche Wieder-
 gabetechniken
 Einzelne Quellen
 Stereophonie
 3D-Stereo
 WFS, HOA
 Binaural
 Kombinationen

- Ziele von 3D-Audio:

→ Generelles Ziel von 3D-Audio ist eine Annäherung zwischen virtueller und realer Welt

- Das kann erreicht werden

→ indem virtuelle und reale Welt perfekt übereinstimmen oder

→ indem das Erlebnis von virtueller und realer Welt perfekt übereinstimmt

Erlebnis/Wahrnehmung ⇔ Physikalische Übereinstimmung

3D-Audio 

Räumliches Hören

Räumliche Wieder-
gabetechniken

Einzelne Quellen

Stereofonie

3D-Stereo

WFS, HOA

Binaural

Kombinationen

Helmut Wittek
hauptmikrofon.de


HOCHSCHULE DER MEDIEN

- Erlebnis/Wahrnehmung \Leftrightarrow Physikalische Übereinstimmung

- Ist ein 3D-Kinofilm überzeugender als ein 2D-Kinofilm?

- „Eintauchen“ wird nicht nur durch das Bild erreicht!

- Multisensorische

- Wahrnehmung muss beachtet werden

- Schmeckt ein Erdbeerjoghurt mit Originalgeschmack natürlich?

- es gibt in der virtuellen Welt allgemein übliche und anerkannte „Wahrnehmungsverstärker“, z.B. das Unterwassergeräusch im Film



3D-Audio 

Räumliches Hören

Räumliche Wiedergabetechniken

Einzelne Quellen

Stereofonie

3D-Stereo

WFS, HOA

Binaural

Kombinationen

Helmut Wittek

hauptmikrofon.de


HOCHSCHULE DER MEDIEN

- Das Original: Räumliche Wahrnehmung

3D-Audio

Räumliches Hören 

Räumliche Wieder-
gabetechniken

Einzelne Quellen

Stereofonie

3D-Stereo

WFS, HOA

Binaural

Kombinationen

Helmut Wittek

hauptmikrofon.de


HOCHSCHULE DER MEDIEN

- Räumliche Wahrnehmung
- <https://www.youtube.com/watch?v=kBBuuvEP5Z4&feature=youtu.be&t=4m18s>
- Die Ohren sind ein Richtungsbestimmender Filter
- Die 2 Ohren bieten Informationen zur weiteren Verwertung:
 - Δt (Interaurale Zeitdifferenz) in ms
 - ΔL (Interaurale Pegeldifferenz) in dB
 - Spektrale Eigenschaften
 - Spektrale Differenzen
 - Sich mit einer Bewegung des Kopfes oder der Quelle ändernde Eigenschaften

3D-Audio

Räumliches Hören 

Räumliche Wiedergabetechniken

Einzelne Quellen

Stereofonie

3D-Stereo

WFS, HOA

Binaural

Kombinationen

Helmut Wittek
hauptmikrofon.de


HOCHSCHULE DER MEDIEN

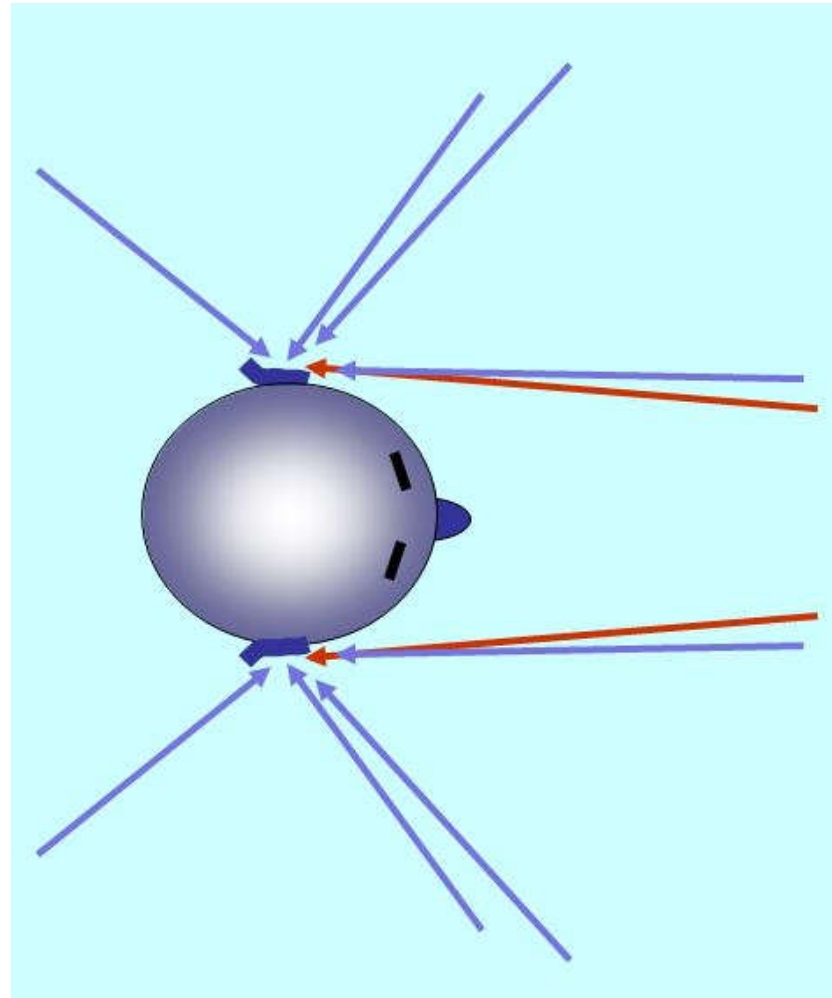
- Räumliche Wahrnehmung

- Direktschall

- $\Delta t = 0 \text{ ms}$
- $\Delta L = 0 \text{ dB}$

- Seitliche Reflektionen:

- $\Delta t, \Delta L (\phi)$



3D-Audio

Räumliches Hören 

Räumliche Wieder-
gabetechniken

Einzelne Quellen

Stereofonie

3D-Stereo

WFS, HOA

Binaural

Kombinationen

Helmut Wittek
hauptmikrofon.de


HOCHSCHULE DER MEDIEN

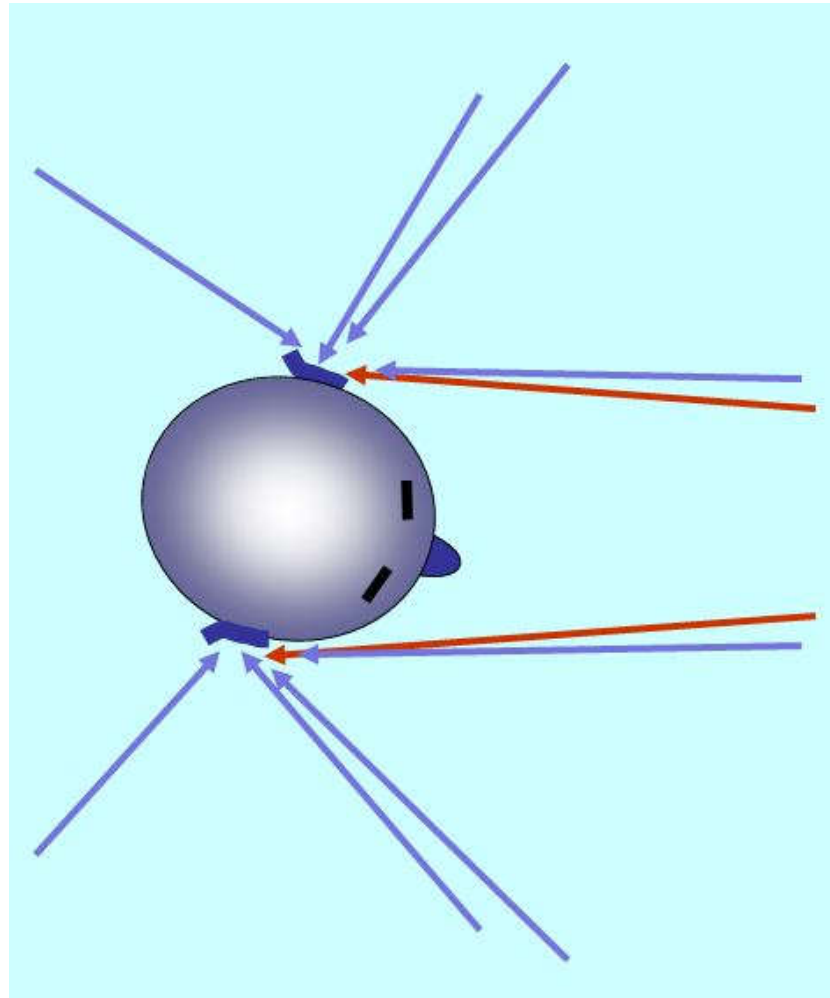
- Räumliche Wahrnehmung

- Direktschall

- $\Delta t > 0$ ms
- $\Delta L < 0$ dB

- Seitliche Reflektionen:

- $\Delta t, \Delta L (\phi)$



3D-Audio

Räumliches Hören 

Räumliche Wieder-
gabetechniken

Einzelne Quellen

Stereofonie

3D-Stereo

WFS, HOA

Binaural

Kombinationen

Helmut Wittek
hauptmikrofon.de


HOCHSCHULE DER MEDIEN

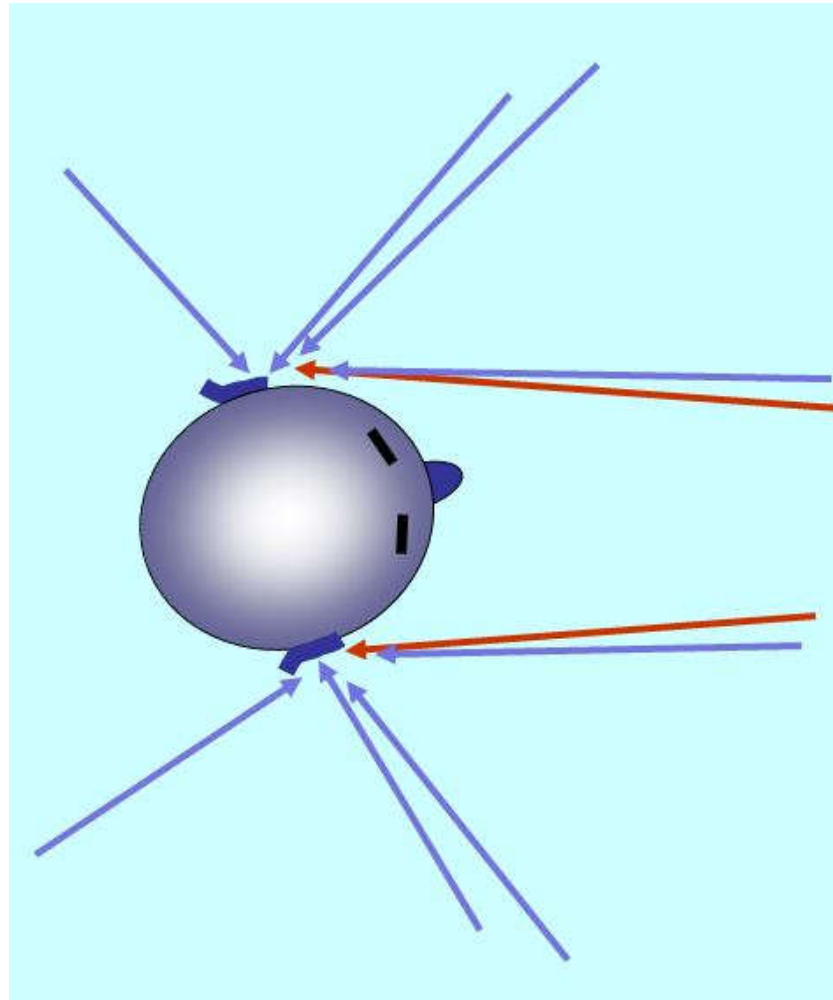
- Räumliche Wahrnehmung

- Direktschall

- $\Delta t < 0 \text{ ms}$
- $\Delta L > 0 \text{ dB}$

- Seitliche Reflektionen:

- $\Delta t, \Delta L (\phi)$



3D-Audio

Räumliches Hören 

Räumliche Wieder-
gabetechniken

Einzelne Quellen

Stereofonie

3D-Stereo

WFS, HOA

Binaural

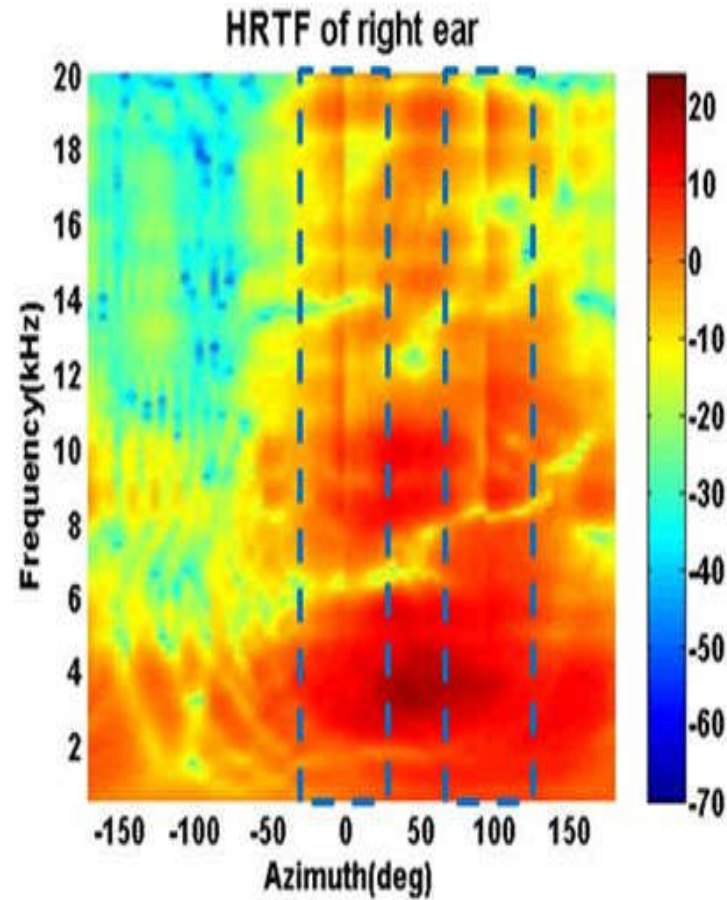
Kombinationen

Helmut Wittek


hauptmikrofon.de


HOCHSCHULE DER MEDIEN

- Räumliche Wahrnehmung

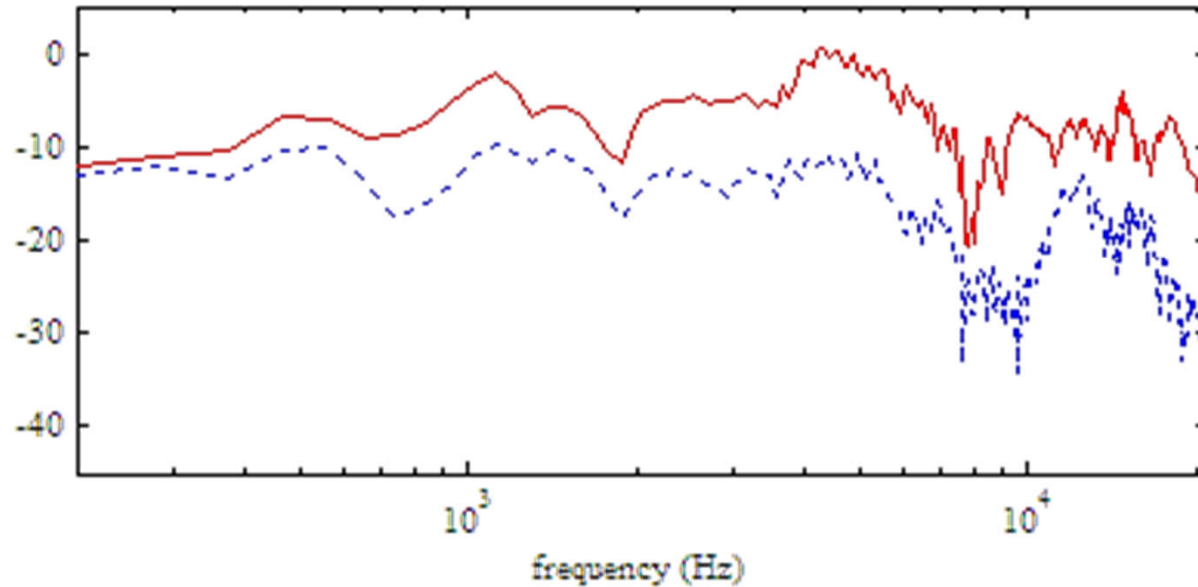


<http://sdac.kaist.ac.kr/project/index.php?mode=ongoing&act=KHRTF>


3D-Audio
Räumliches Hören 
Räumliche Wiedergabetechniken
Einzelne Quellen
Stereofonie
3D-Stereo
WFS, HOA
Binaural
Kombinationen

Helmut Wittek
hauptmikrofon.de

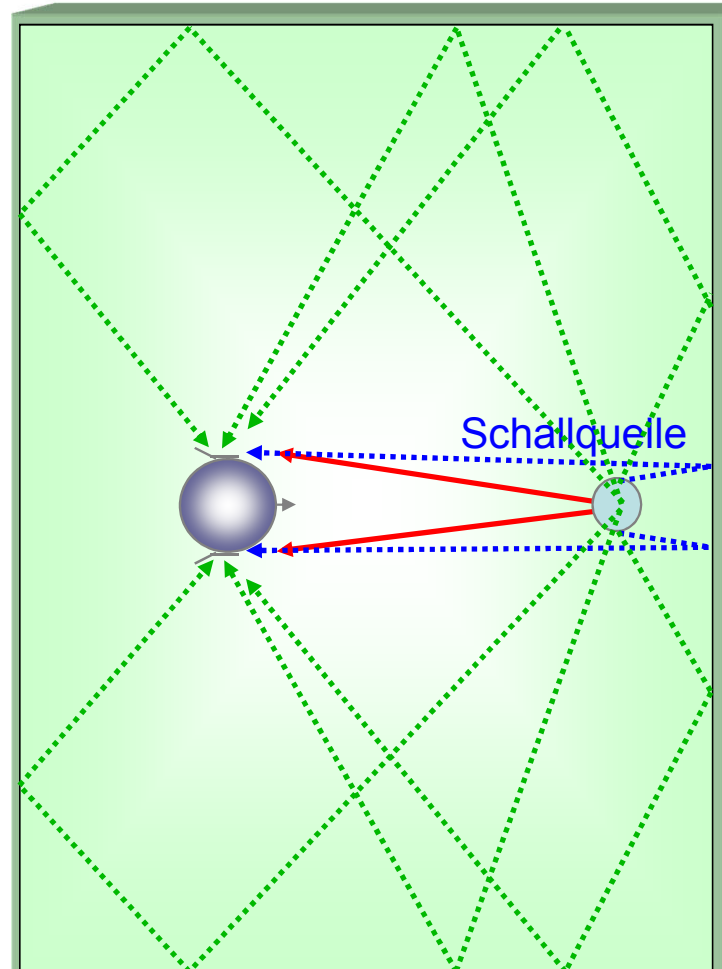
- Räumliche Wahrnehmung
- HRTF = „Head Related Transfer Function“



Übertragungsfunktion des linken und rechten Ohrs bei $\phi = 42^\circ$

3D-Audio
 Räumliches Hören 
 Räumliche Wieder-
 gabetechniken
 Einzelne Quellen
 Stereophonie
 3D-Stereo
 WFS, HOA
 Binaural
 Kombinationen

- Räumliche Wahrnehmung
- Distanz und Raumwahrnehmung



3D-Audio

Räumliches Hören 

Räumliche Wieder-
gabetechniken

Einzelne Quellen

Stereofonie

3D-Stereo

WFS, HOA

Binaural

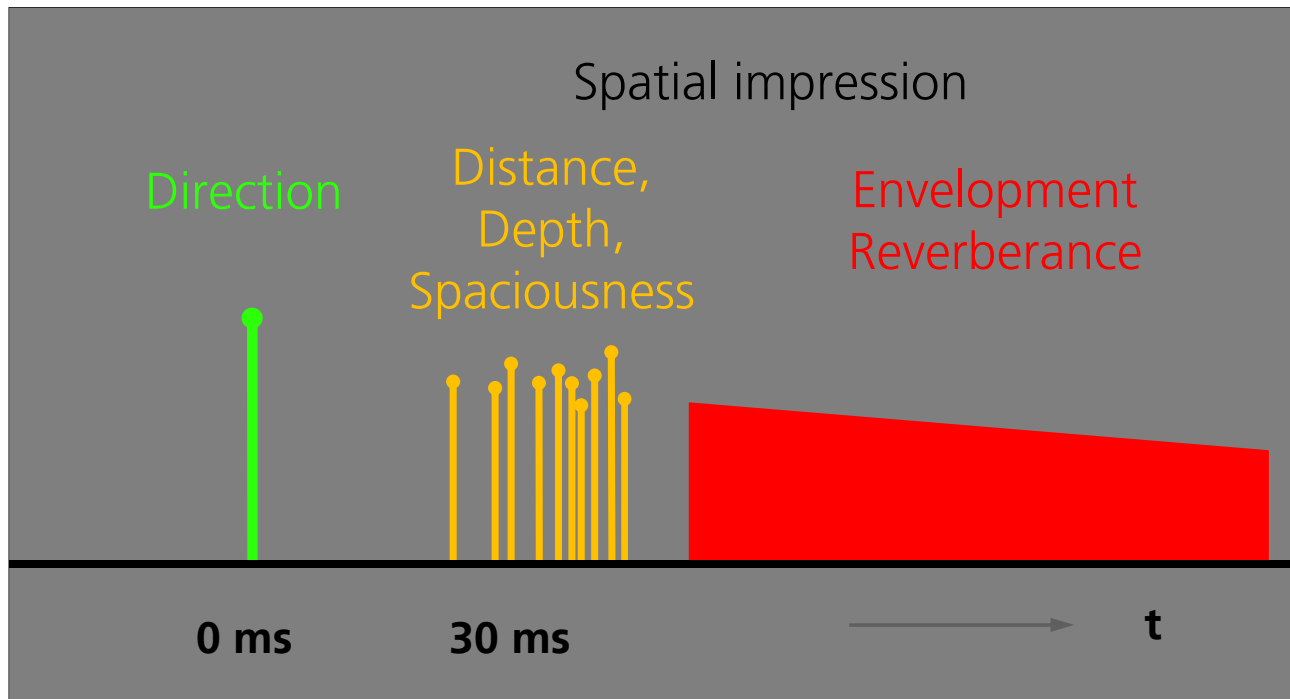
Kombinationen

Helmut Wittek


hauptmikrofon.de


HOCHSCHULE DER MEDIEN

- Räumliche Wahrnehmung
- Distanz und Raumwahrnehmung
- Reflexionsmuster:



© Theile

3D-Audio
 Räumliches Hören 
 Räumliche Wiedergabetechniken
 Einzelne Quellen
 Stereophonie
 3D-Stereo
 WFS, HOA
 Binaural
 Kombinationen

- Räumliche Wahrnehmung
- Distanz und Raumwahrnehmung
- Reflexionsmuster:
 - Zeitliche Abfolge und Richtung der frühen Reflexionen kann sehr genau wahrgenommen werden → Geometrie Quelle/Raum
 - Direktschall zu Diffusschall-Pegolverhältnis → Distanz Quelle
 - Nachhall → Raumgröße/
Raumbeschaffenheit

3D-Audio

Räumliches Hören 

Räumliche Wieder-
gabetechniken

Einzelne Quellen

Stereofonie

3D-Stereo

WFS, HOA

Binaural

Kombinationen

Helmut Wittek

hauptmikrofon.de

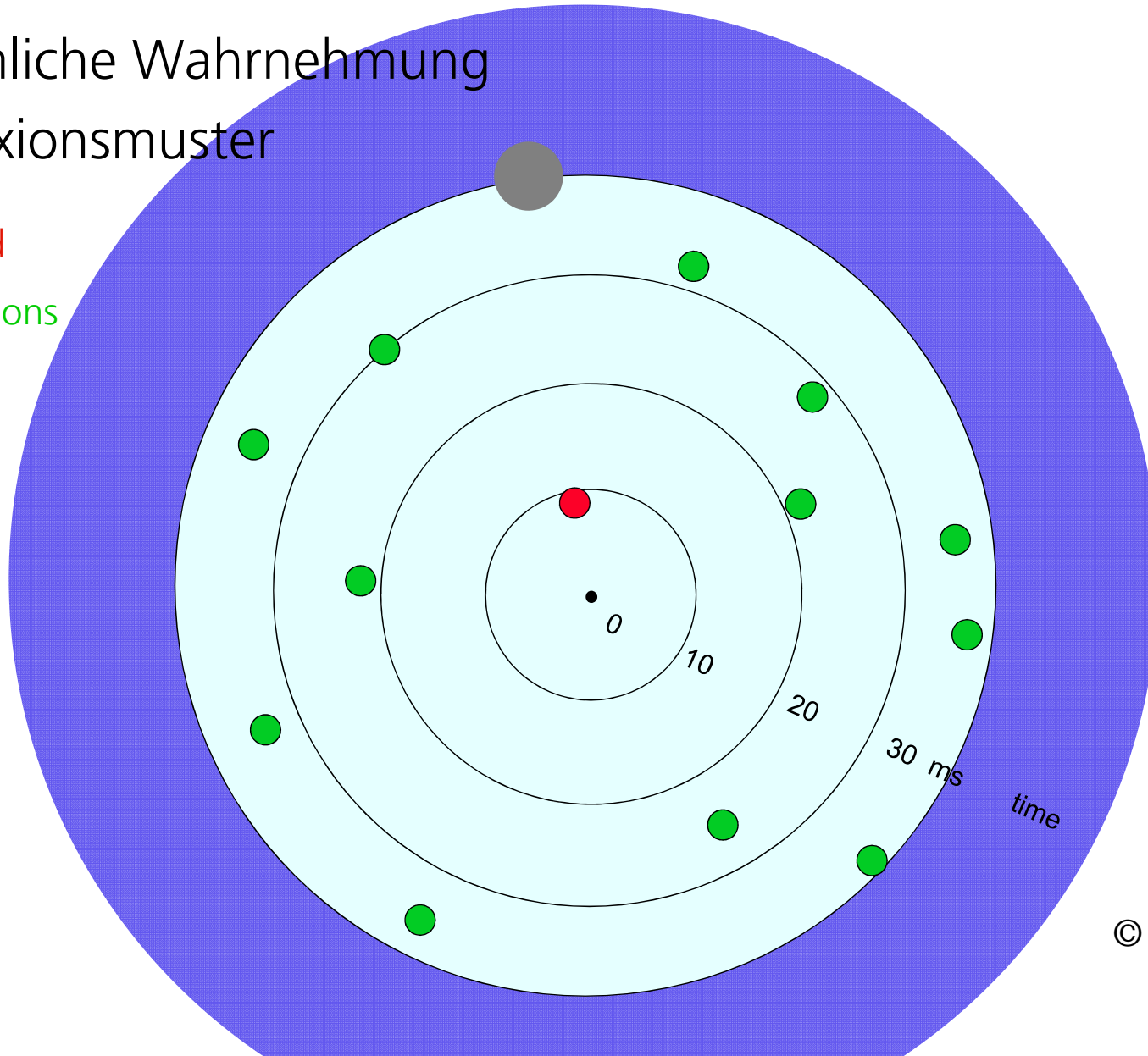

HOCHSCHULE DER MEDIEN

- Räumliche Wahrnehmung
- Reflexionsmuster

Direct Sound

Early Reflections

Reverb



3D-Audio

Räumliches Hören 

Räumliche Wieder-
gabetechniken

Einzelne Quellen

Stereofonie

3D-Stereo

WFS, HOA

Binaural

Kombinationen


© Theile

Helmut Wittek
hauptmikrofon.de


HOCHSCHULE DER MEDIEN

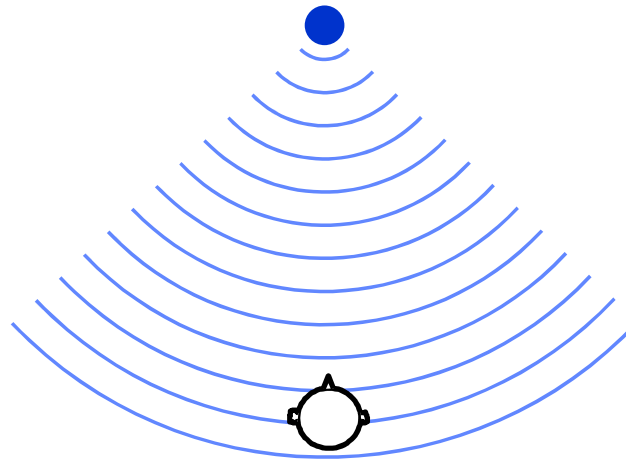
Prinzipielle räumliche Wiedergabetechniken:


- Reale Quellen
- Stereophonie
- Techniken der Schallfeld-Rekonstruktion
- Binauraltechnik

3D-Audio
Räumliches Hören
Räumliche Wiedergabetechniken 
Einzelne Quellen
Stereophonie
3D-Stereo
WFS, HOA
Binaural
Kombinationen

Prinzipielle räumliche Wiedergabetechniken:

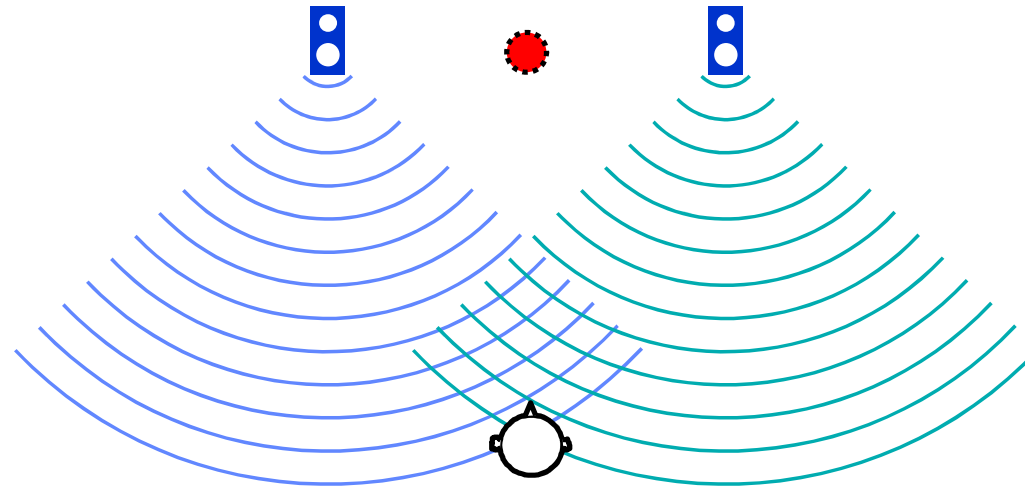
- **Reale Quellen**
- Stereophonie
- Techniken der Schallfeld-Rekonstruktion
- Binauraltechnik




3D-Audio
Räumliches Hören
Räumliche Wiedergabetechniken 
Einzelne Quellen
Stereophonie
3D-Stereo
WFS, HOA
Binaural
Kombinationen

Prinzipielle räumliche Wiedergabetechniken:

- Reale Quellen
- **Stereofonie**
- Techniken der Schallfeld-Rekonstruktion
- Binauraltechnik



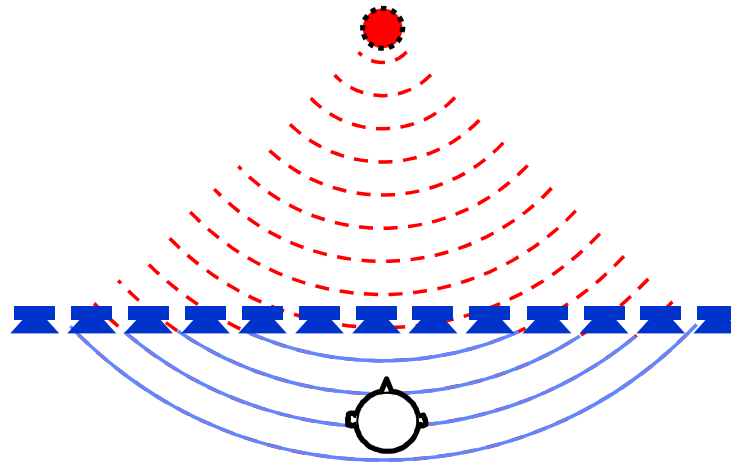
3D-Audio
Räumliches Hören
Räumliche Wiedergabetechniken 
Einzelne Quellen
Stereofonie
3D-Stereo
WFS, HOA
Binaural
Kombinationen


Helmut Wittek
hauptmikrofon.de


HOCHSCHULE DER MEDIEN

Prinzipielle räumliche Wiedergabetechniken:

- Reale Quellen
- Stereophonie
- **Techniken der Schallfeld-Rekonstruktion**
- Binauraltechnik



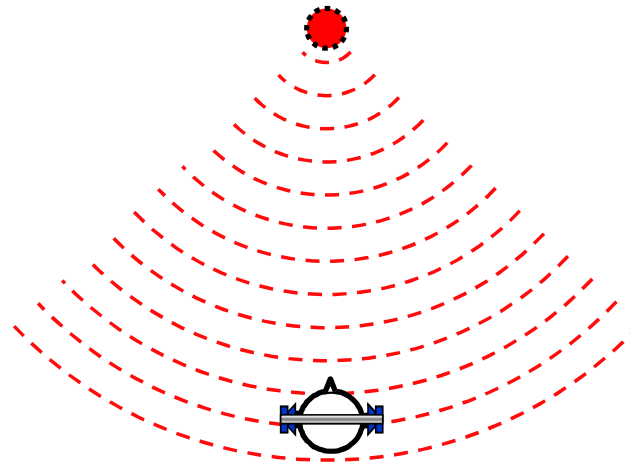
3D-Audio
Räumliches Hören
Räumliche Wiedergabetechniken 
Einzelne Quellen
Stereophonie
3D-Stereo
WFS, HOA
Binaural
Kombinationen


Helmut Wittek
hauptmikrofon.de


HOCHSCHULE DER MEDIEN

Prinzipielle räumliche Wiedergabetechniken:

- Reale Quellen
- Stereophonie
- Techniken der Schallfeld-Rekonstruktion
- **Binauraltechnik**

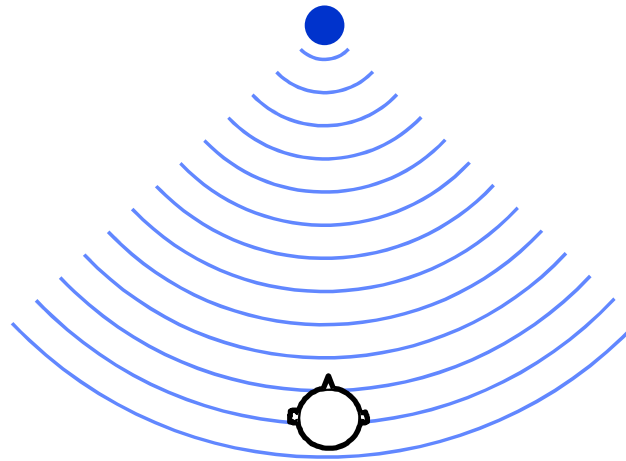


3D-Audio
Räumliches Hören
Räumliche Wiedergabetechniken 
Einzelne Quellen
Stereophonie
3D-Stereo
WFS, HOA
Binaural
Kombinationen


Helmut Wittek
hauptmikrofon.de


HOCHSCHULE DER MEDIEN

- Räumliche Wiedergabe durch reale/einzelne Quellen




- z.B. Seefestspiele Bregenz, Steiff-Museum
- Besonders relevant bei der Kombination verschiedener Techniken

3D-Audio
Räumliches Hören
Räumliche Wiedergabetechniken
Einzelne Quellen 
Stereofonie
3D-Stereo
WFS, HOA
Binaural
Kombinationen

- Räumliche Wiedergabe durch reale/individuelle Quellen
- Seebühne Bregenz



3D-Audio
Räumliches Hören
Räumliche Wieder-
gabetechniken
Einzelne Quellen 
Stereofonie
3D-Stereo
WFS, HOA
Binaural
Kombinationen


Helmut Wittek
hauptmikrofon.de


HOCHSCHULE DER MEDIEN



- Wiedergabe eines beliebigen Signals einer Quelle in einem Raum
- Faltung



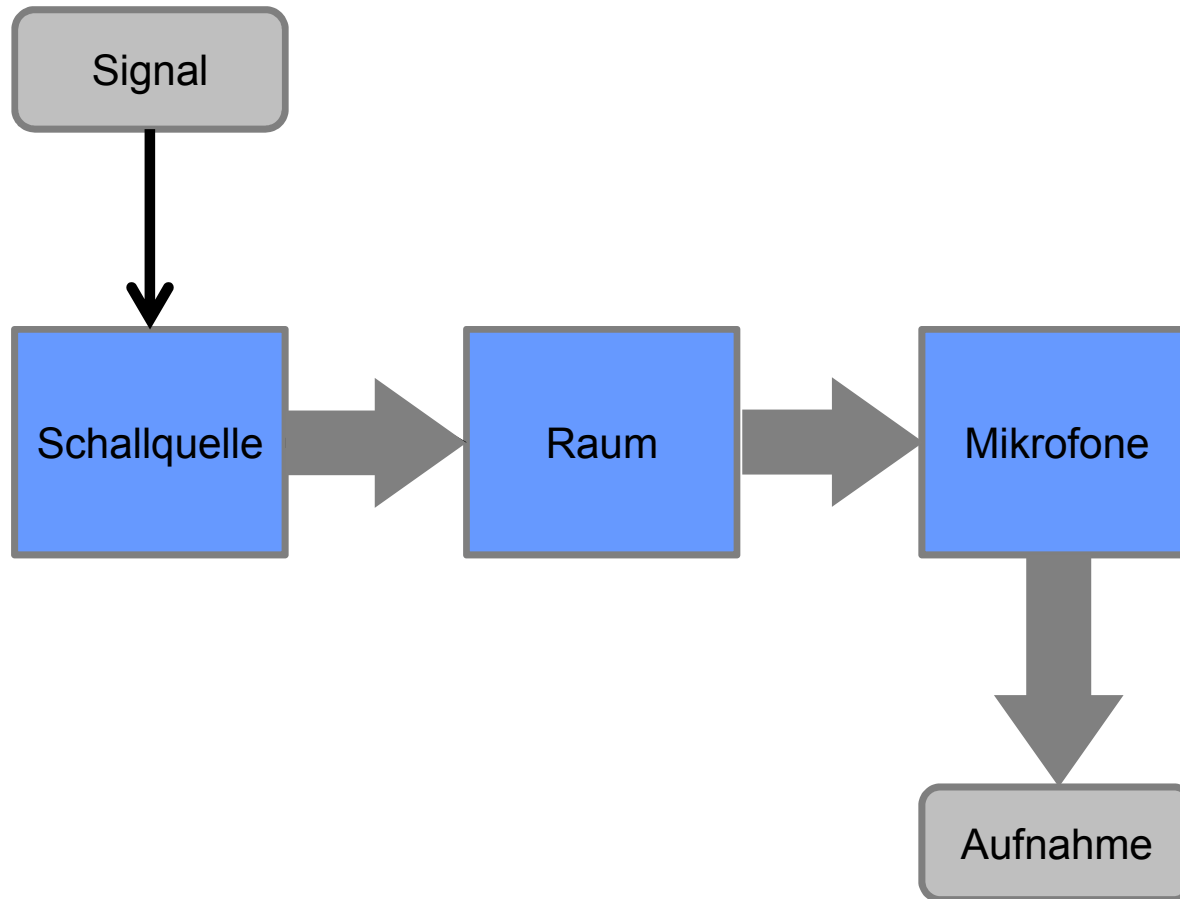
- <http://www.hauptmikrofon.de/audio/micandroom.html>


3D-Audio
Räumliches Hören
Räumliche Wieder-
gabetechniken
Einzelne Quellen 
Stereofonie
3D-Stereo
WFS, HOA
Binaural
Kombinationen

- Faltung
- Um das Signal einer Schallquelle in einem Raum aufzunehmen, braucht man:
 - Signal
 - Schallquelle
 - Raum
 - Mikrofone

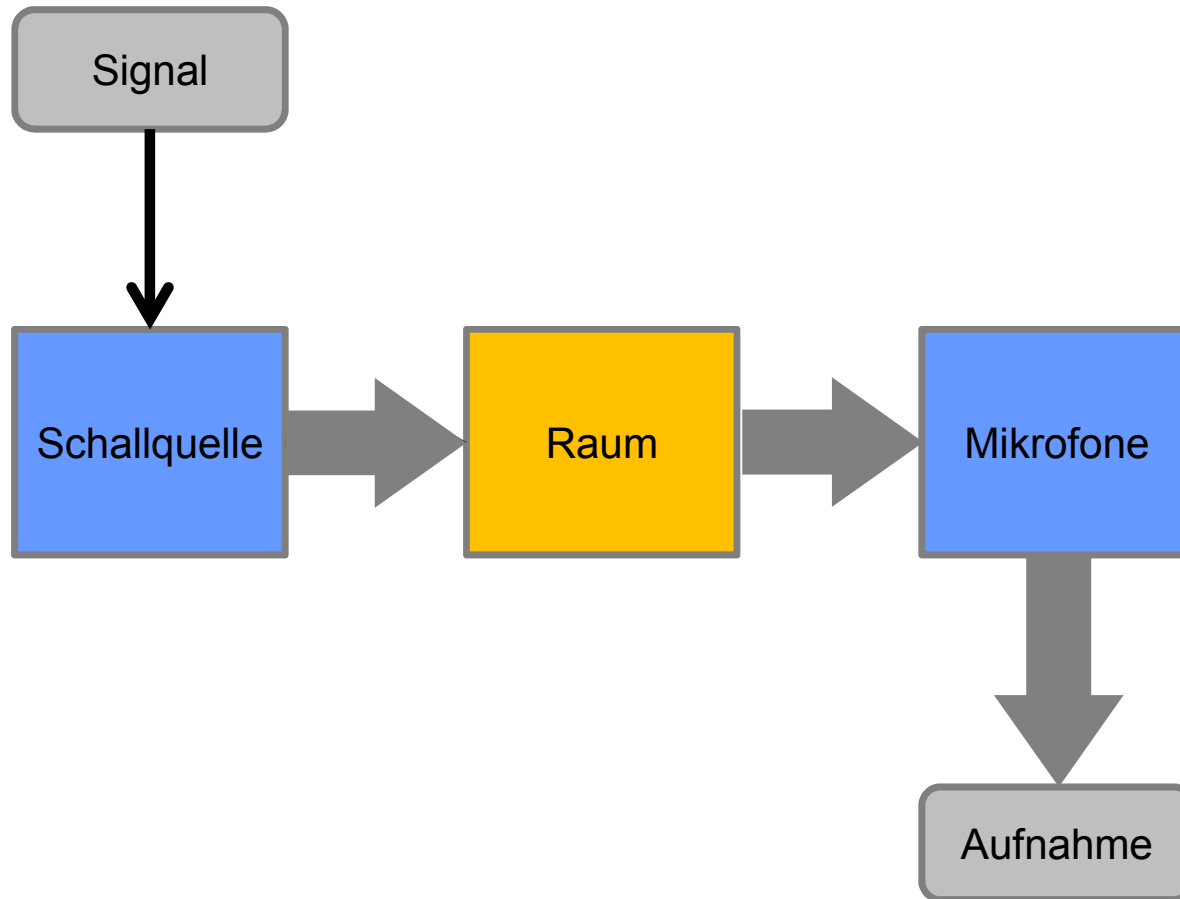
3D-Audio
Räumliches Hören
Räumliche Wieder-
gabetechniken 
Einzelne Quellen 
Stereofonie
3D-Stereo
WFS, HOA
Binaural
Kombinationen


- Faltung



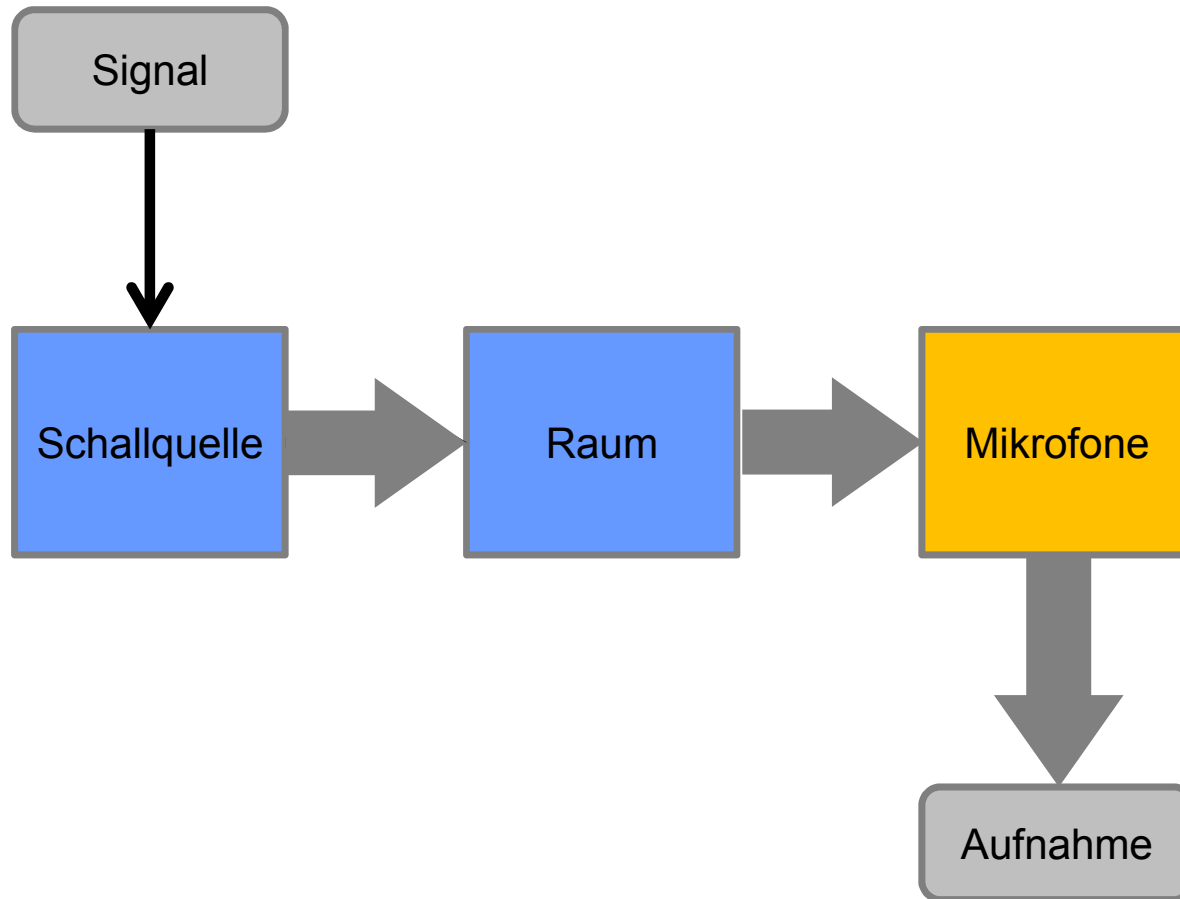
3D-Audio
Räumliches Hören
Räumliche Wieder-
gabetechniken
Einzelne Quellen 
Stereofonie
3D-Stereo
WFS, HOA
Binaural
Kombinationen


- Faltung



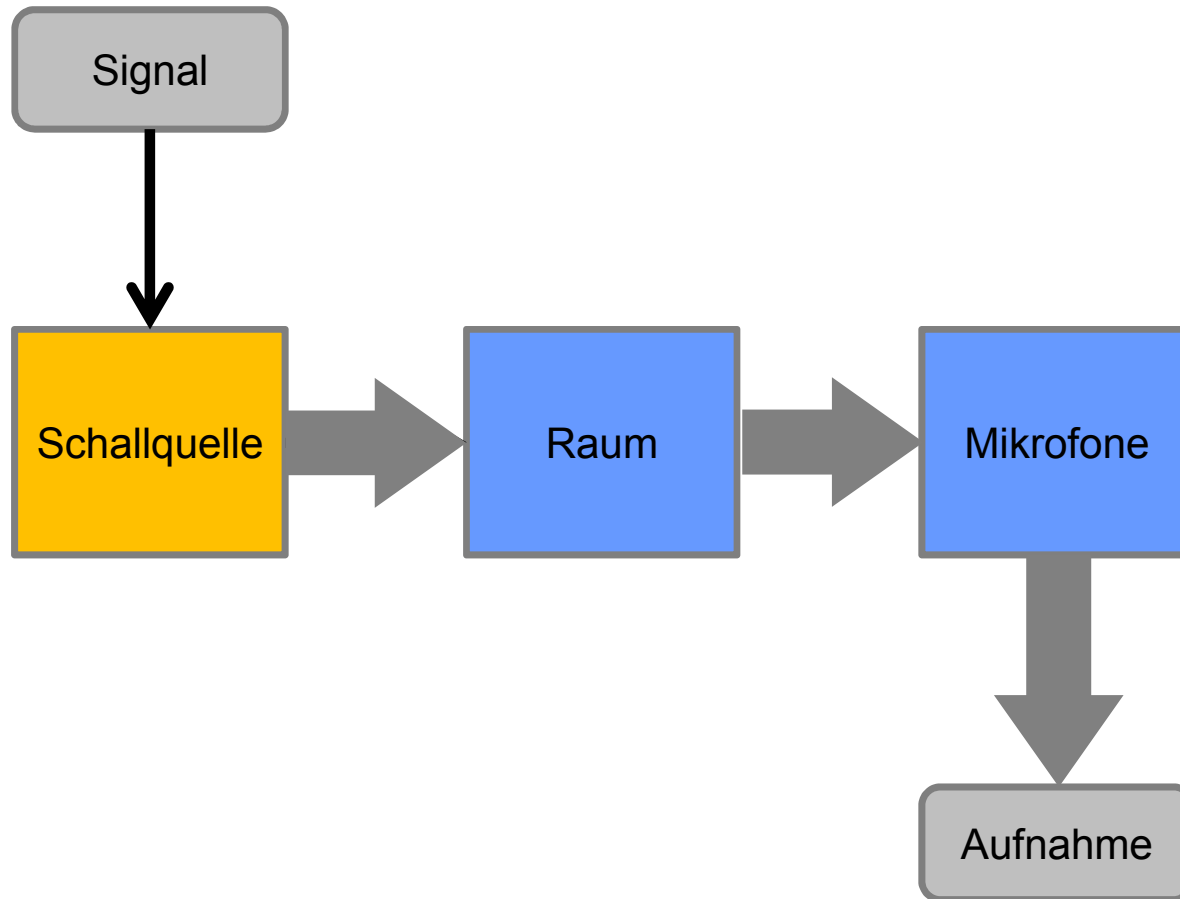
3D-Audio
Räumliches Hören
Räumliche Wieder-
gabetechniken
Einzelne Quellen 
Stereofonie
3D-Stereo
WFS, HOA
Binaural
Kombinationen


- Faltung



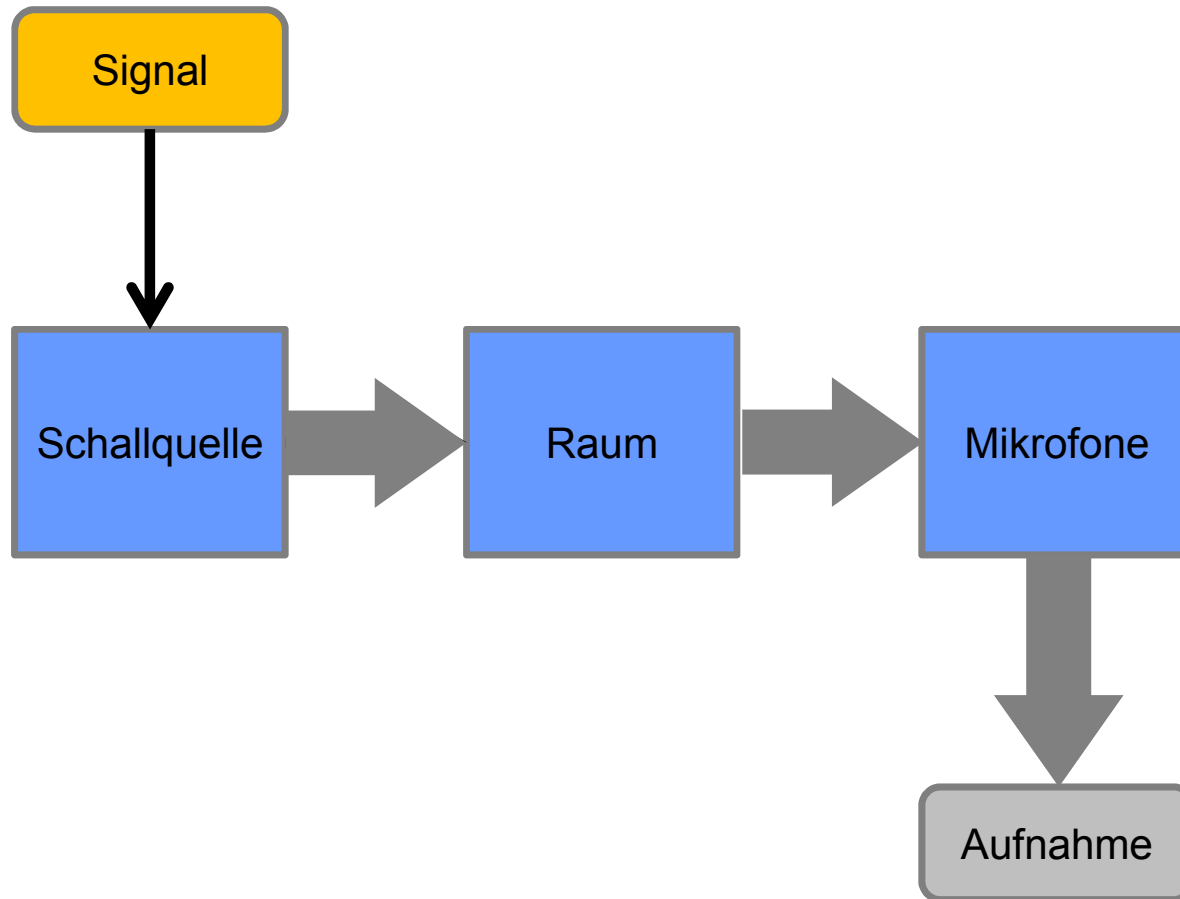
3D-Audio
Räumliches Hören
Räumliche Wieder-
gabetechniken
Einzelne Quellen 
Stereofonie
3D-Stereo
WFS, HOA
Binaural
Kombinationen


- Faltung



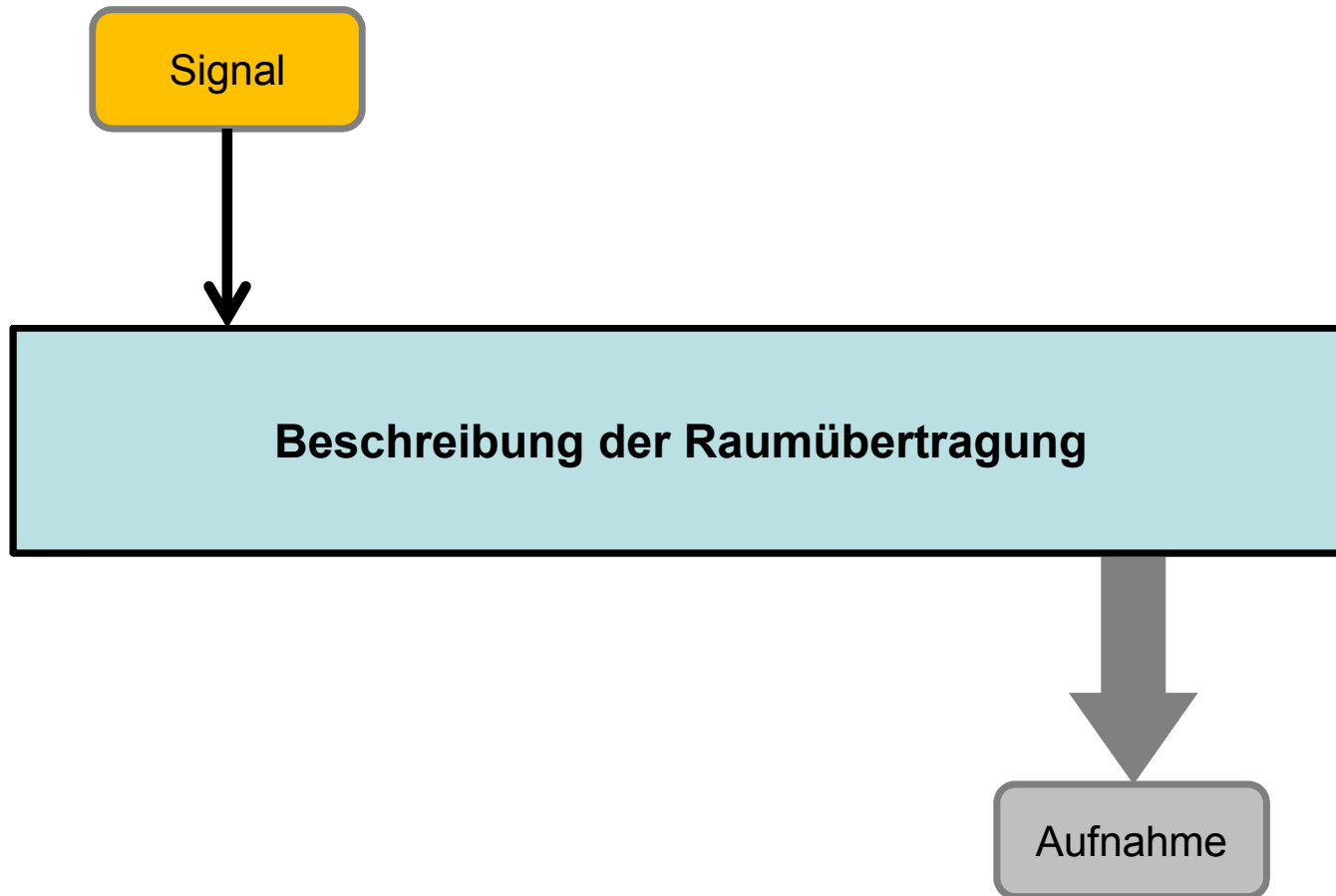
3D-Audio
Räumliches Hören
Räumliche Wieder-
gabetechniken
Einzelne Quellen 
Stereofonie
3D-Stereo
WFS, HOA
Binaural
Kombinationen


- Faltung



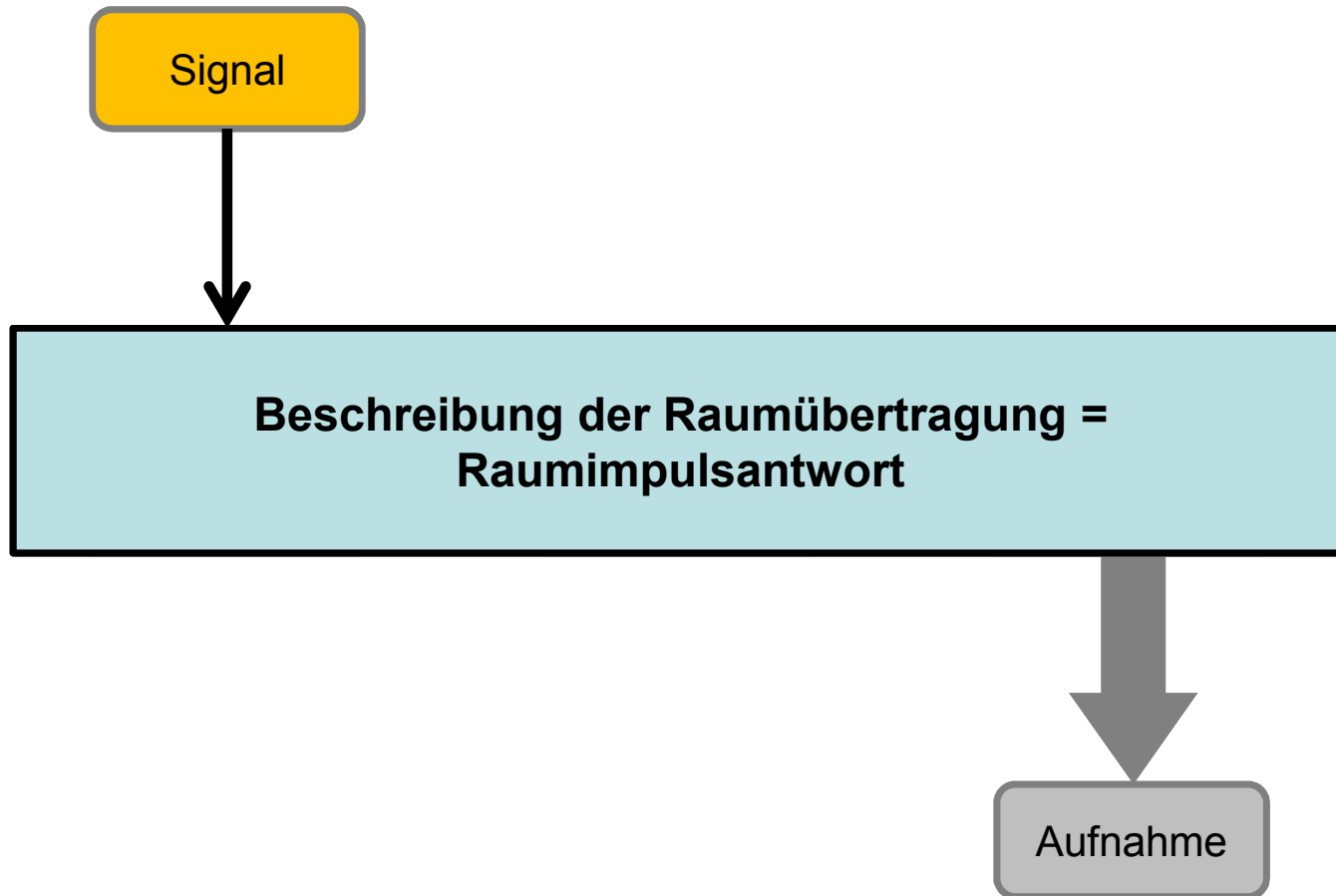
3D-Audio
Räumliches Hören
Räumliche Wieder-
gabetechniken
Einzelne Quellen 
Stereofonie
3D-Stereo
WFS, HOA
Binaural
Kombinationen


- Faltung



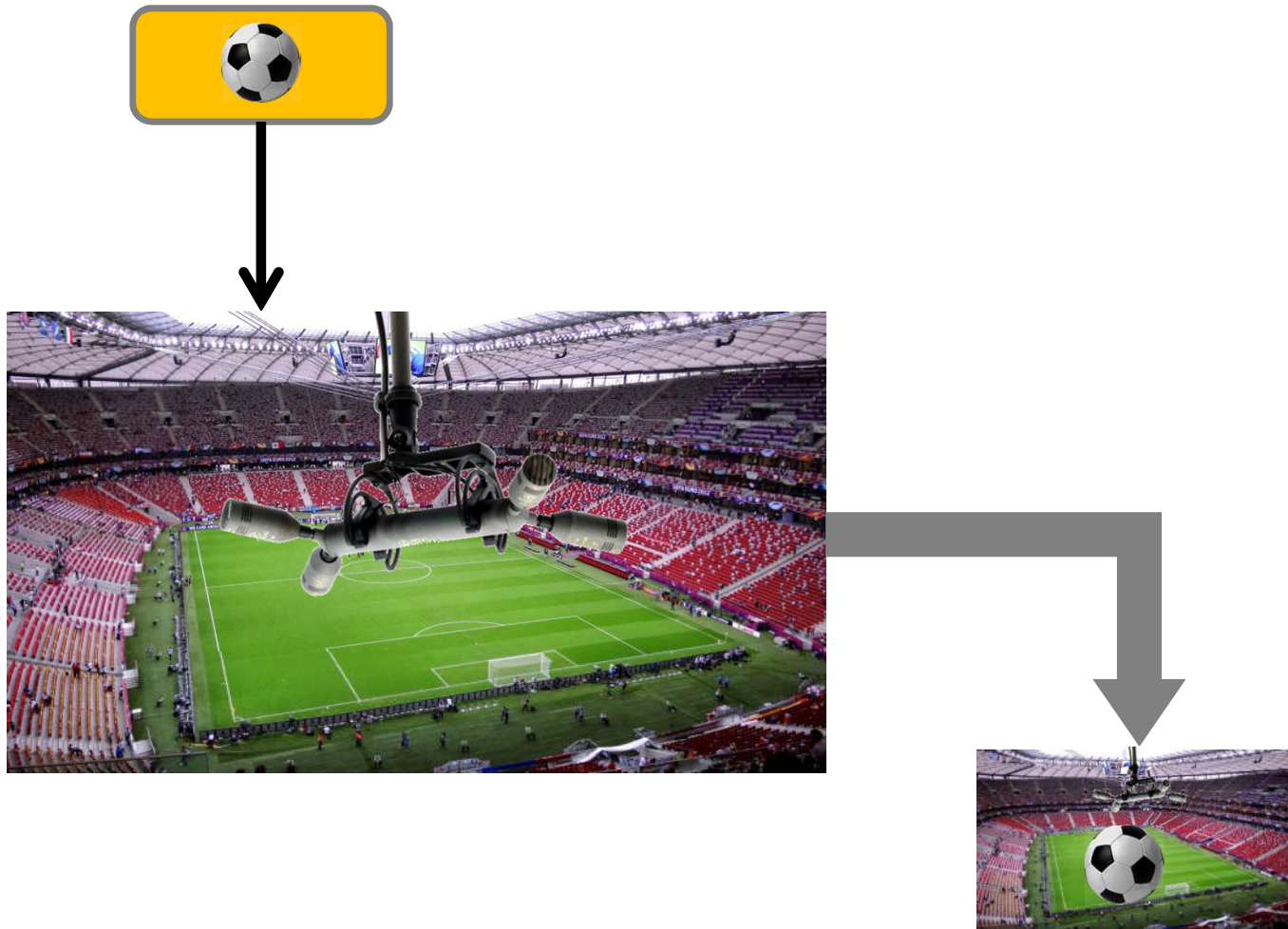
3D-Audio
Räumliches Hören
Räumliche Wieder-
gabetechniken
Einzelne Quellen 
Stereofonie
3D-Stereo
WFS, HOA
Binaural
Kombinationen

- Faltung



3D-Audio
Räumliches Hören
Räumliche Wieder-
gabetechniken
Einzelne Quellen 
Stereofonie
3D-Stereo
WFS, HOA
Binaural
Kombinationen


- Faltung



- 3D-Audio
- Räumliches Hören
- Räumliche Wiedergabetechniken
- Einzelne Quellen
- Stereofonie
- 3D-Stereo
- WFS, HOA
- Binaural
- Kombinationen


- Faltung



3D-Audio
Räumliches Hören
Räumliche Wieder-
gabetechniken
Einzelne Quellen 
Stereofonie
3D-Stereo
WFS, HOA
Binaural
Kombinationen


- Faltung



3D-Audio
Räumliches Hören
Räumliche Wieder-
gabetechniken
Einzelne Quellen 
Stereofonie
3D-Stereo
WFS, HOA
Binaural
Kombinationen

- Faltung

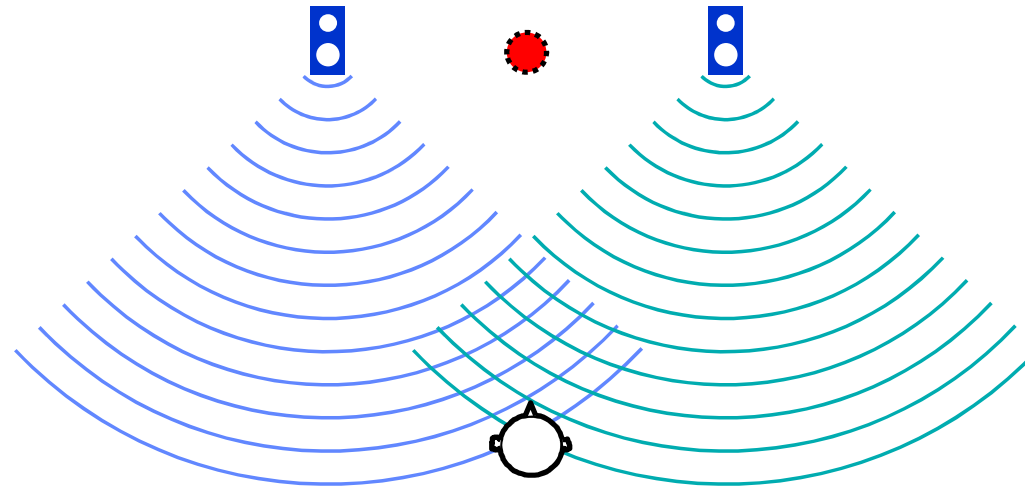



3D-Audio
Räumliches Hören
Räumliche Wieder-
gabetechniken
Einzelne Quellen 
Stereofonie
3D-Stereo
WFS, HOA
Binaural
Kombinationen

Helmut Wittek
hauptmikrofon.de


HOCHSCHULE DER MEDIEN

- Räumliche Wiedergabe durch Stereophonie

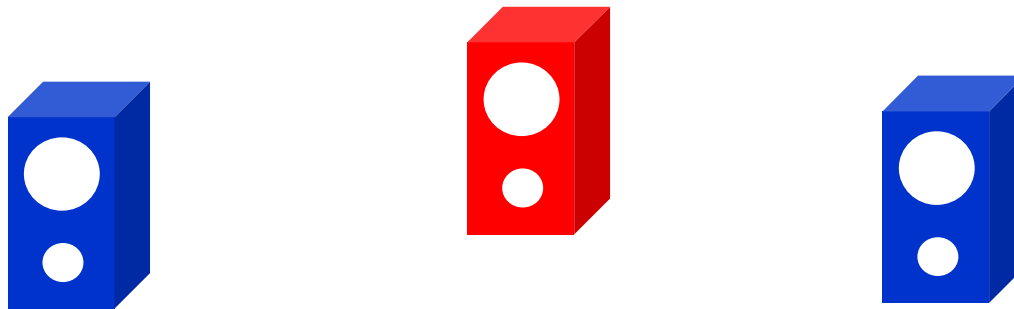



3D-Audio
Räumliches Hören
Räumliche Wieder-
gabetechniken
Einzelne Quellen
Stereophonie 
3D-Stereo
WFS, HOA
Binaural
Kombinationen

Helmut Wittek
hauptmikrofon.de


HOCHSCHULE DER MEDIEN

- Stereophonie heißt Wiedergabe von **Phantomschallquellen**
- Eine **Phantomschallquelle** ist eine fiktive Schallquelle. Sie wird lokalisiert an einem Ort, an dem sich tatsächlich keine Schallquelle befindet.
- Es gibt einen Unterschied zwischen einer **virtuellen Quelle** und einer **Phantomschallquelle**. Die physikalischen Eigenschaften einer Phantomschallquelle können nicht mit denen einer virtuellen Quelle verglichen werden.

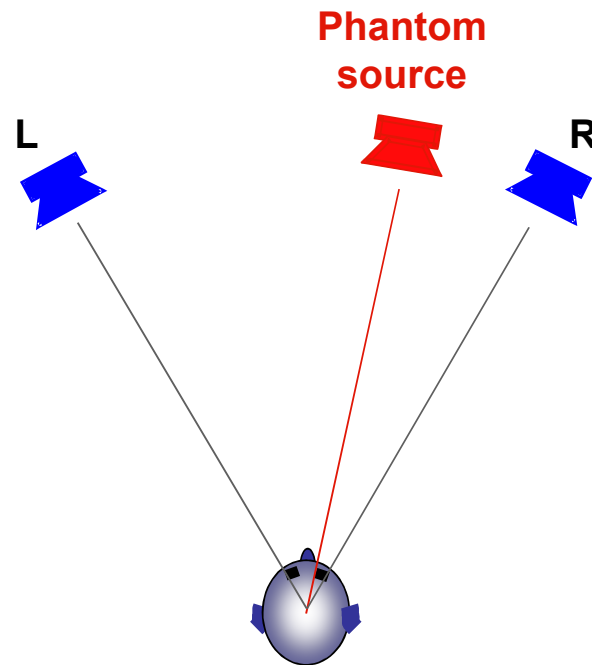



3D-Audio
Räumliches Hören
Räumliche Wieder-
gabetechniken
Einzelne Quellen
Stereophonie 
3D-Stereo
WFS, HOA
Binaural
Kombinationen

Helmut Wittek
hauptmikrofon.de

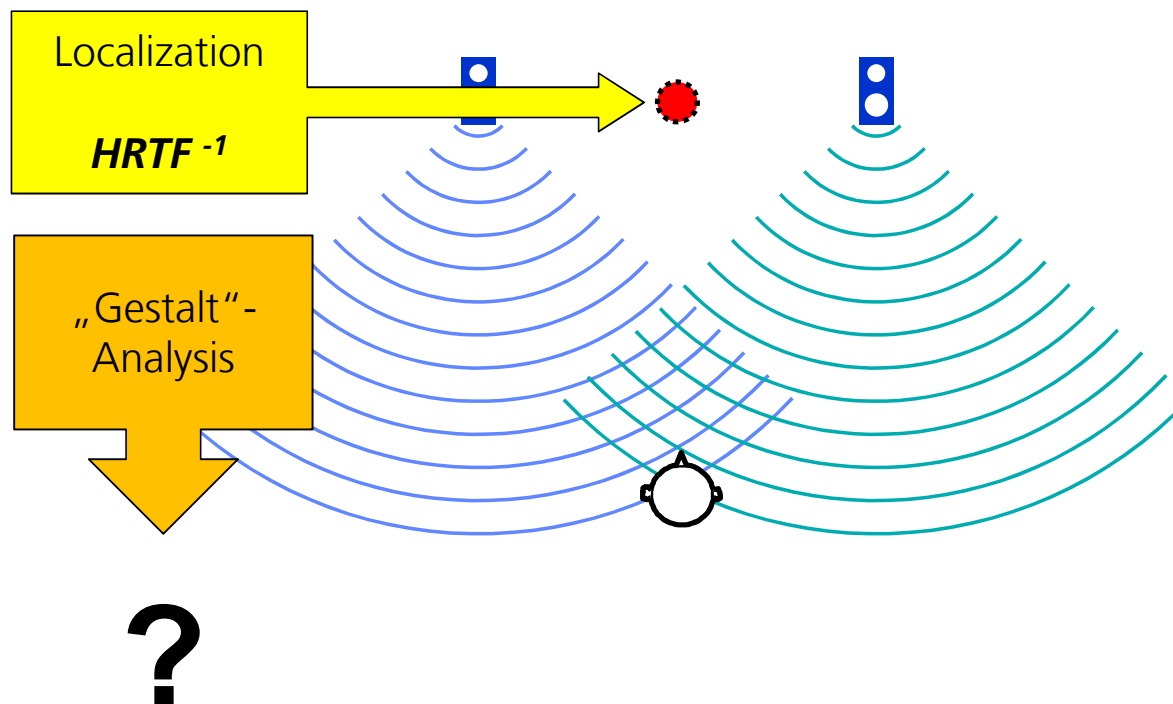

HOCHSCHULE DER MEDIEN


- Eine **Phantomschallquelle** wird von zwei Lautsprechern produziert, die ein kohärentes Signal wiedergeben.
- Die **Phantomschallquelle** wird zwischen den Lautsprechern lokalisiert.
- Die **Phantomschallquelle** wird durch Pegel- und oder Laufzeitdifferenzen aus der Mitte zwischen den Lautsprechern ausgelenkt.



3D-Audio
 Räumliches Hören
 Räumliche Wiedergabetechniken
 Einzelne Quellen
 Stereophonie 
 3D-Stereo
 WFS, HOA
 Binaural
 Kombinationen

- Die allgemein gültige Theorie für die Wahrnehmung einer Phantomschallquelle heißt **Summenlokalisierung**.
- Diese Theorie kann allerdings die Phänomene der Stereophonie nicht vollständig erklären.



3D-Audio
 Räumliches Hören
 Räumliche Wieder-
 gabetechniken
 Einzelne Quellen
 Stereophonie 
 3D-Stereo
 WFS, HOA
 Binaural
 Kombinationen

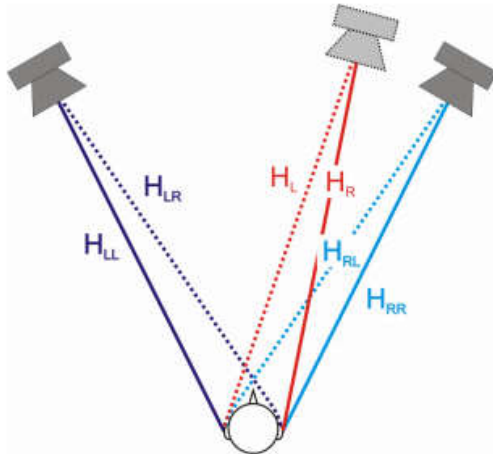


Figure 3-8: Generation of ear signals in a standard stereo setup. H_{LL} and H_{RR} are the ipsilateral⁶, H_{LR} and H_{RL} the contralateral² ear signals. A virtual source and its ear signals (H_L and H_R) are shown which is at the same location as the phantom source (produced by level panning).

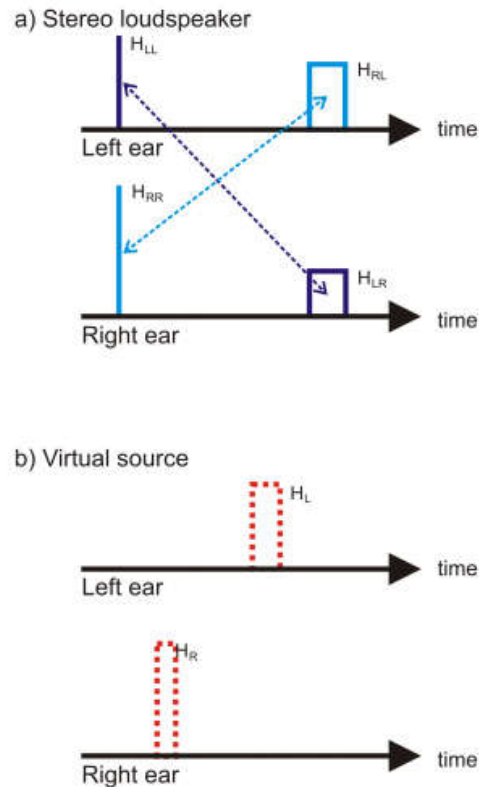

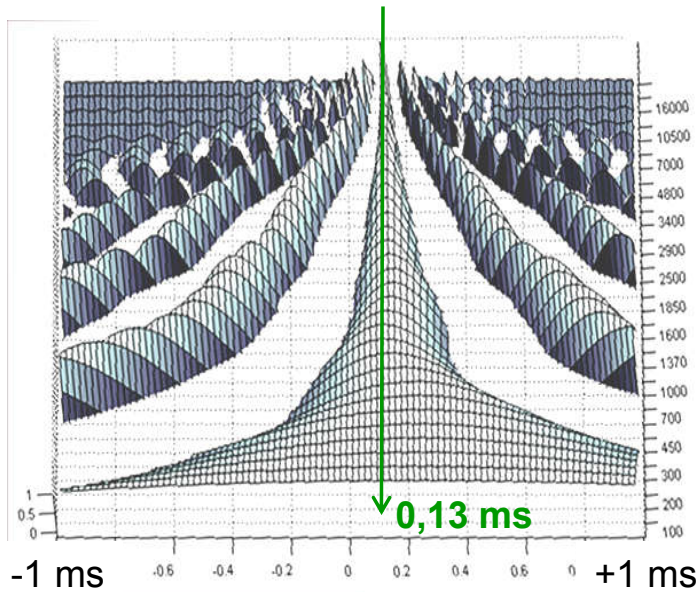


Figure 3-9: Sketches of the ear signals in the time domain:
a) Simplified sketch of the ear signals arising from stereophonic reproduction as in Figure 3-8 (produced by level panning)
b) Simplified sketch of the ear signals arising from the ideal substitute source in Figure 3-8 which is at the same position as the phantom source in a)

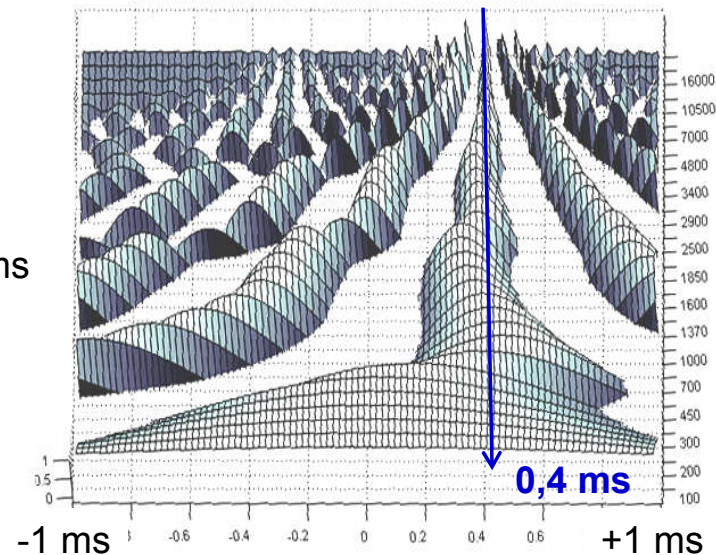
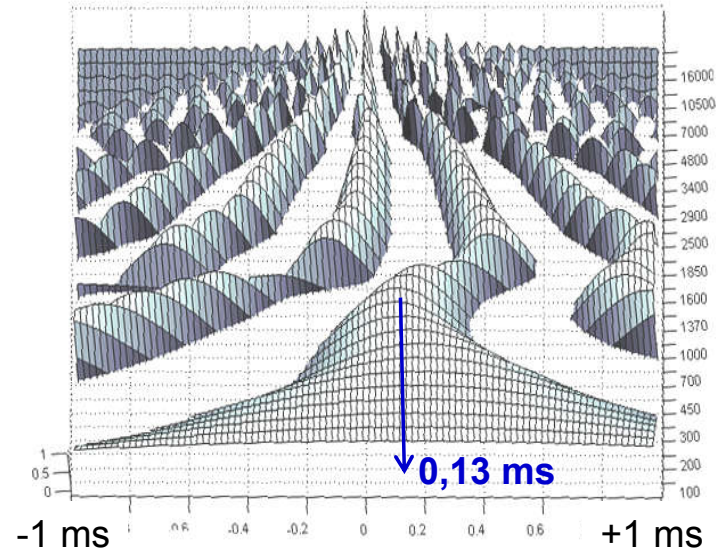
- 3D-Audio
- Räumliches Hören
- Räumliche Wiedergabetechniken
- Einzelne Quellen
- Stereofonie 
- 3D-Stereo
- WFS, HOA
- Binaural
- Kombinationen

- Summenlokalisierung
- Interaurale Cross-Korrelation


$\Delta L = 7\text{dB}$
 $\Delta t = 0\text{ ms}$



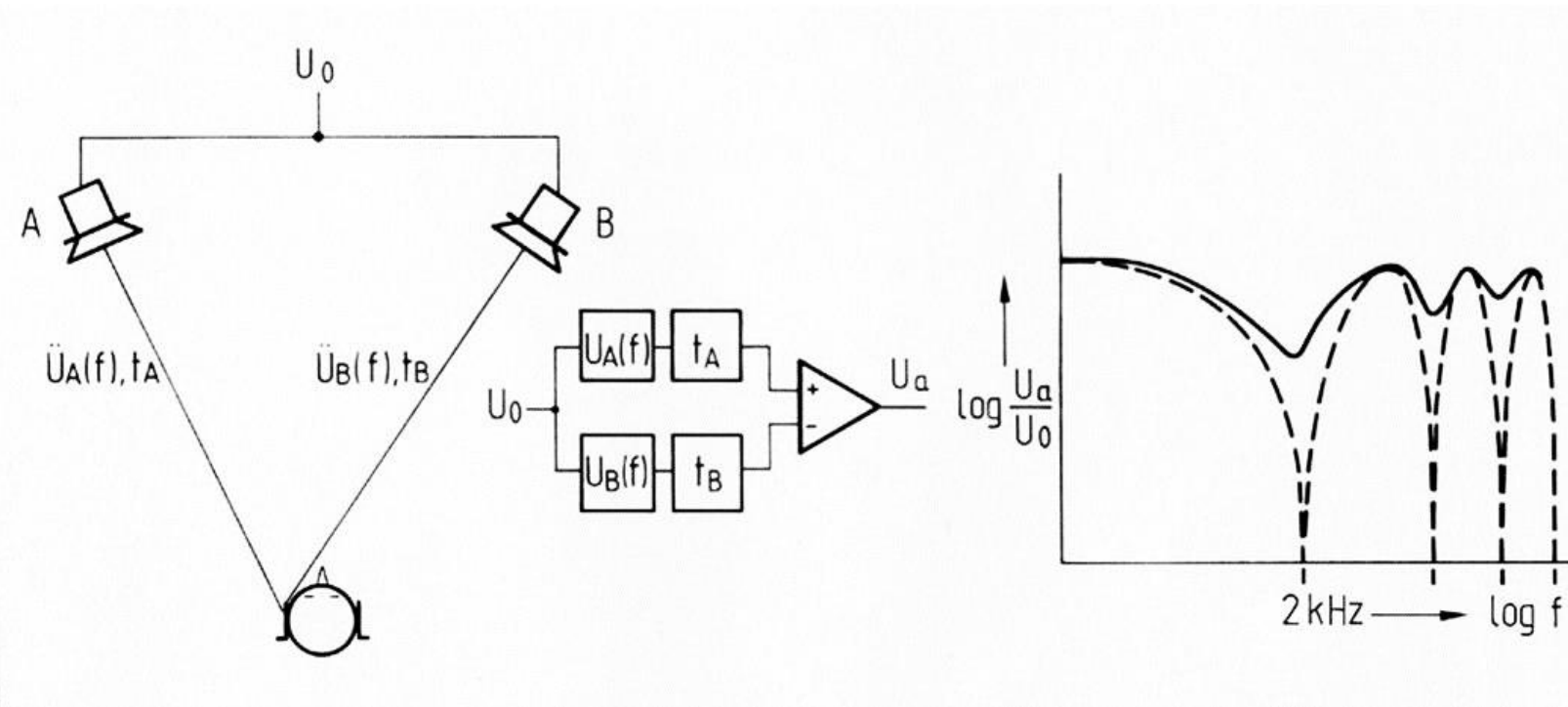
Real source, +15°




Phantom Source, perceived +15°

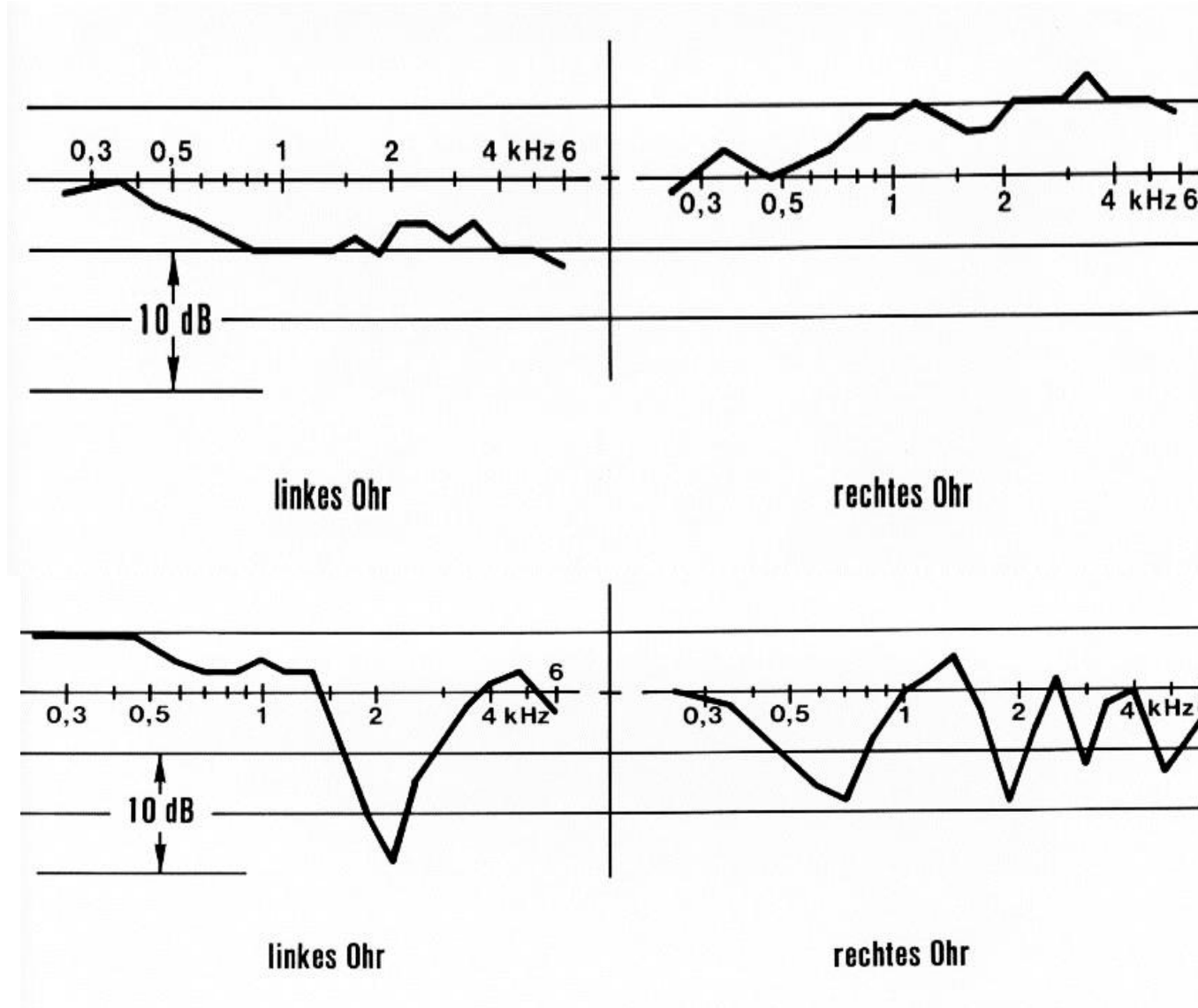
- 3D-Audio
- Räumliches Hören
- Räumliche Wiedergabetechniken
- Einzelne Quellen
- Stereofonie 
- 3D-Stereo
- WFS, HOA
- Binaural
- Kombinationen


- Summenlokalisierung
- Kammfiltereffekte durch Überlagerung der Lautsprechersignale



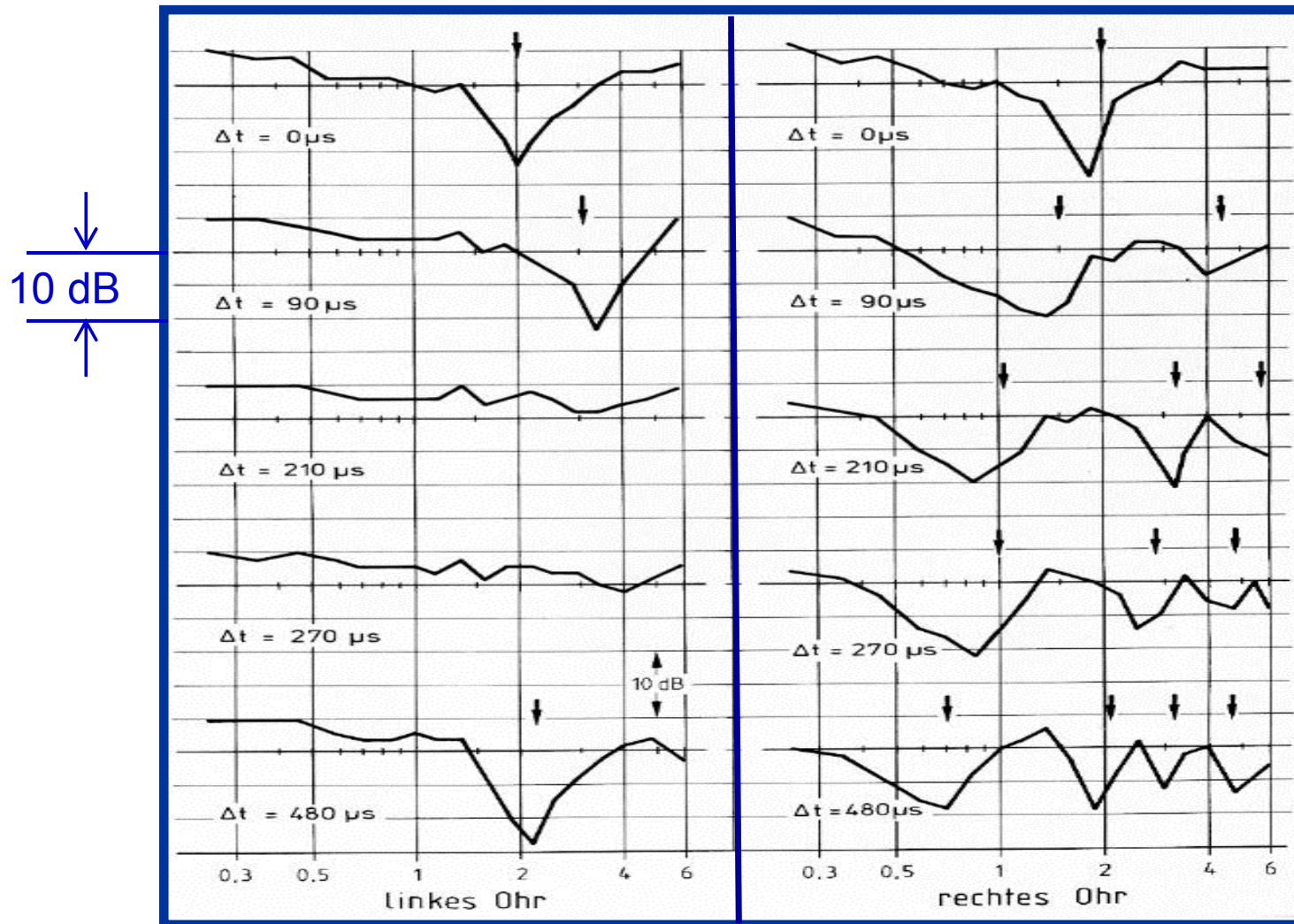
3D-Audio
 Räumliches Hören
 Räumliche Wiedergabetechniken
 Einzelne Quellen
 Stereophonie 
 3D-Stereo
 WFS, HOA
 Binaural
 Kombinationen


- **Summenlokalisierung: Kammfiltereffekte**



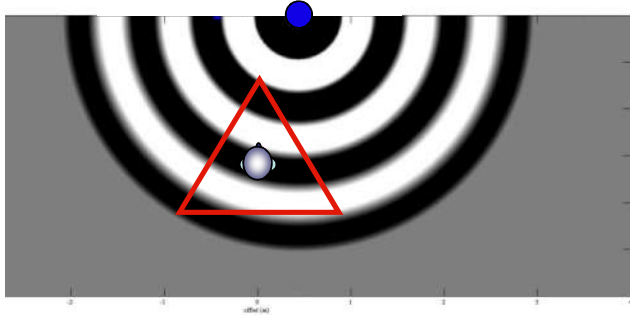
3D-Audio
 Räumliches Hören
 Räumliche Wieder-
 gabetechniken
 Einzelne Quellen
 Stereophonie 
 3D-Stereo
 WFS, HOA
 Binaural
 Kombinationen

- Summenlokalisierung: Kammfiltereffekte



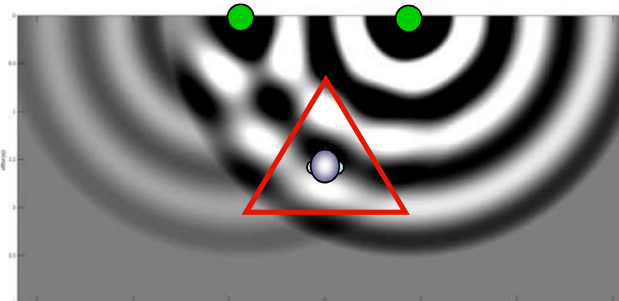
3D-Audio
 Räumliches Hören
 Räumliche Wiedergabetechniken
 Einzelne Quellen
 Stereophonie 
 3D-Stereo
 WFS, HOA
 Binaural
 Kombinationen

- Summenlokalisierung

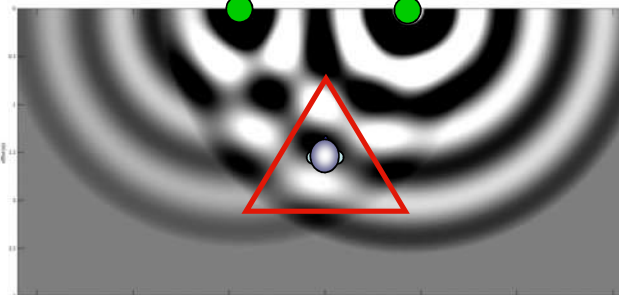


Reale Quelle, +15°

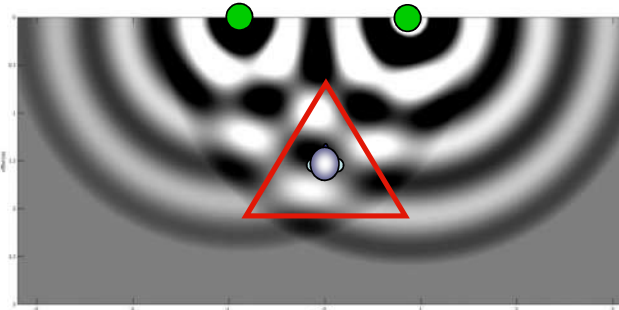
$\Delta L = 7\text{dB}$
 $\Delta t = 0\text{ ms}$




$\Delta L = 3.5\text{dB}$
 $\Delta t = 0.2\text{ms}$



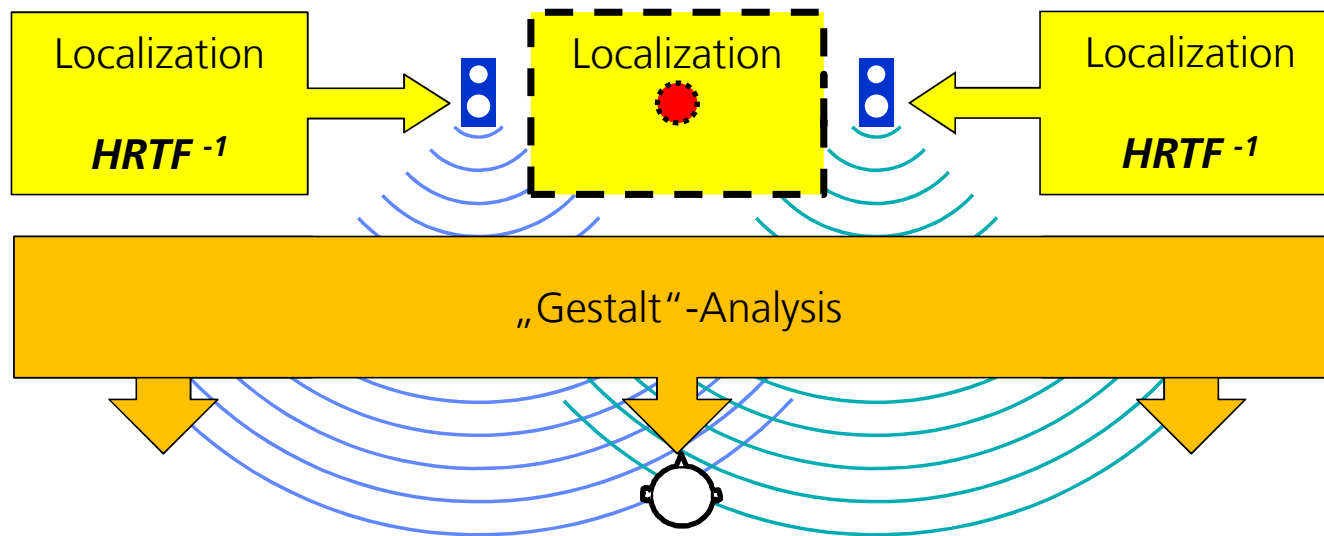
$\Delta L = 0\text{dB}$
 $\Delta t = 0.4\text{ ms}$




Phantomschallquelle,
 wahrgenommen +15°

- 3D-Audio
- Räumliches Hören
- Räumliche Wiedergabetechniken
- Einzelne Quellen
- Stereofonie 
- 3D-Stereo
- WFS, HOA
- Binaural
- Kombinationen


- Alternatives Lokalisations- und Wahrnehmungsmodell:
„Assoziationsmodell“ von G.Theile



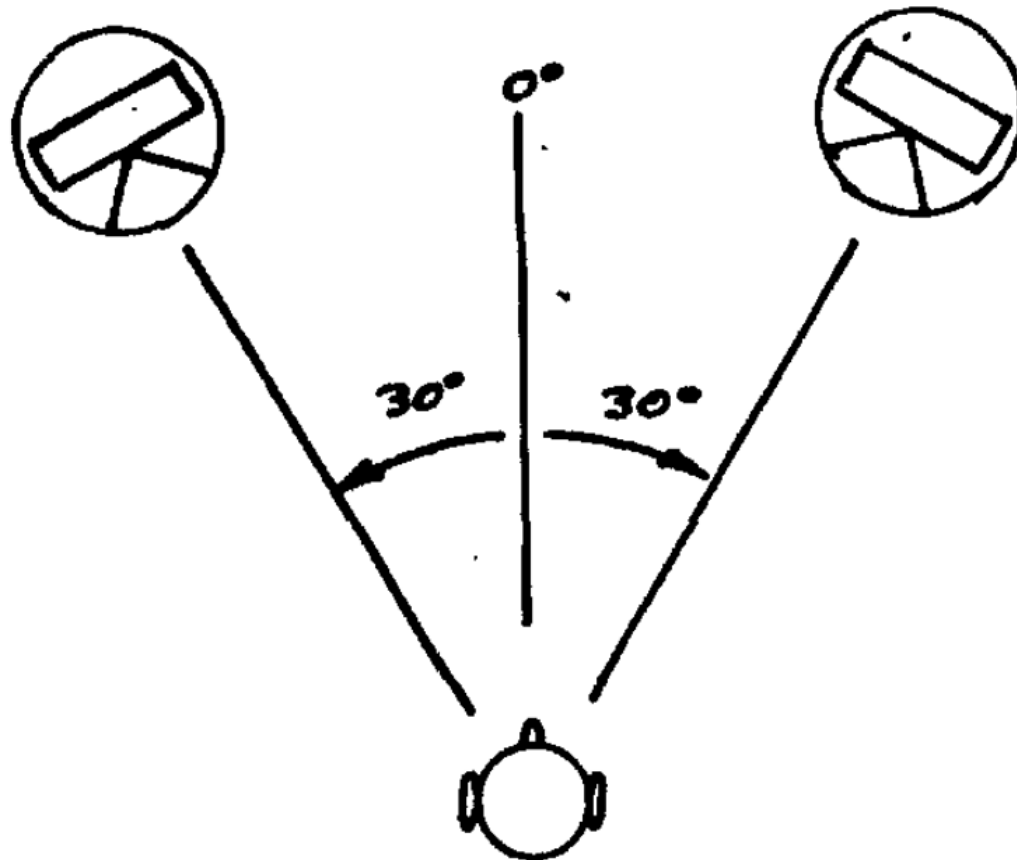
3D-Audio
 Räumliches Hören
 Räumliche Wieder-
 gabetechniken
 Einzelne Quellen
 Stereophonie 
 3D-Stereo
 WFS, HOA
 Binaural
 Kombinationen


REF G.Theile: “On the Naturalness of Two-Channel Stereo Sound”, JAES, Vol.39, 1991

- Alternatives Lokalisations- und Wahrnehmungsmodell:
„Assoziationsmodell“ von G.Theile
- Konsequenzen: Getrennte Wahrnehmung der Lautsprechersignale erklärt:
 - Richtungswahrnehmung
 - Nichthörbarkeit der Kammfiltereffekte

3D-Audio
Räumliches Hören
Räumliche Wiedergabetechniken
Einzelne Quellen
Stereofonie 
3D-Stereo
WFS, HOA
Binaural
Kombinationen

- Stereophonie
- Zweikanal, 2.0 Stereo



3D-Audio
Räumliches Hören
Räumliche Wieder-
gabetechniken
Einzelne Quellen
Stereophonie 
3D-Stereo
WFS, HOA
Binaural
Kombinationen

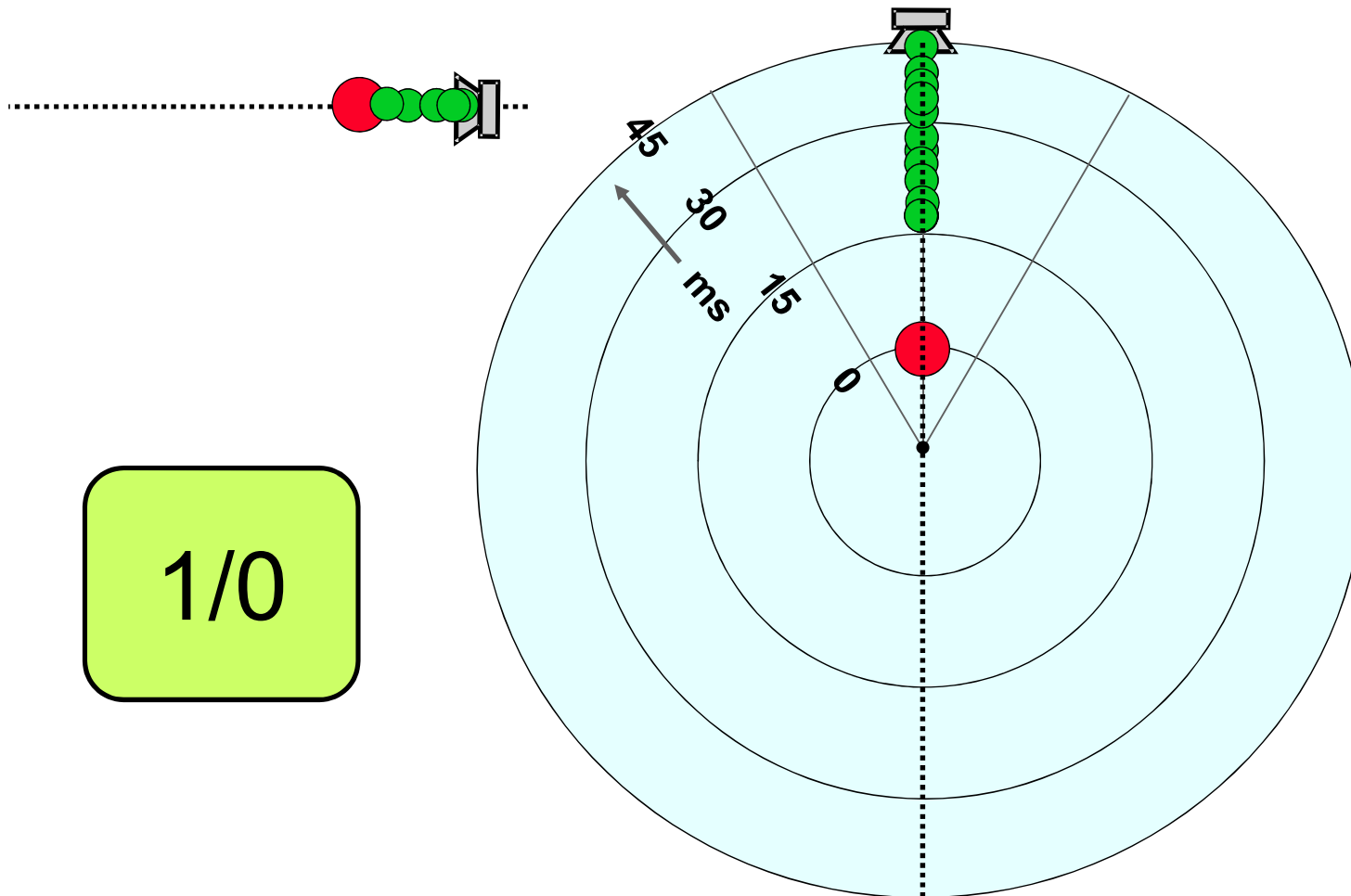
Helmut Wittek
hauptmikrofon.de


HOCHSCHULE DER MEDIEN


- Stereophonie mit Höhenkanälen (Stereo+height)

side view

top view



1/0

3D-Audio
 Räumliches Hören
 Räumliche Wieder-
 gabetechniken
 Einzelne Quellen
 Stereophonie
 3D-Stereo 
 WFS, HOA
 Binaural
 Kombinationen

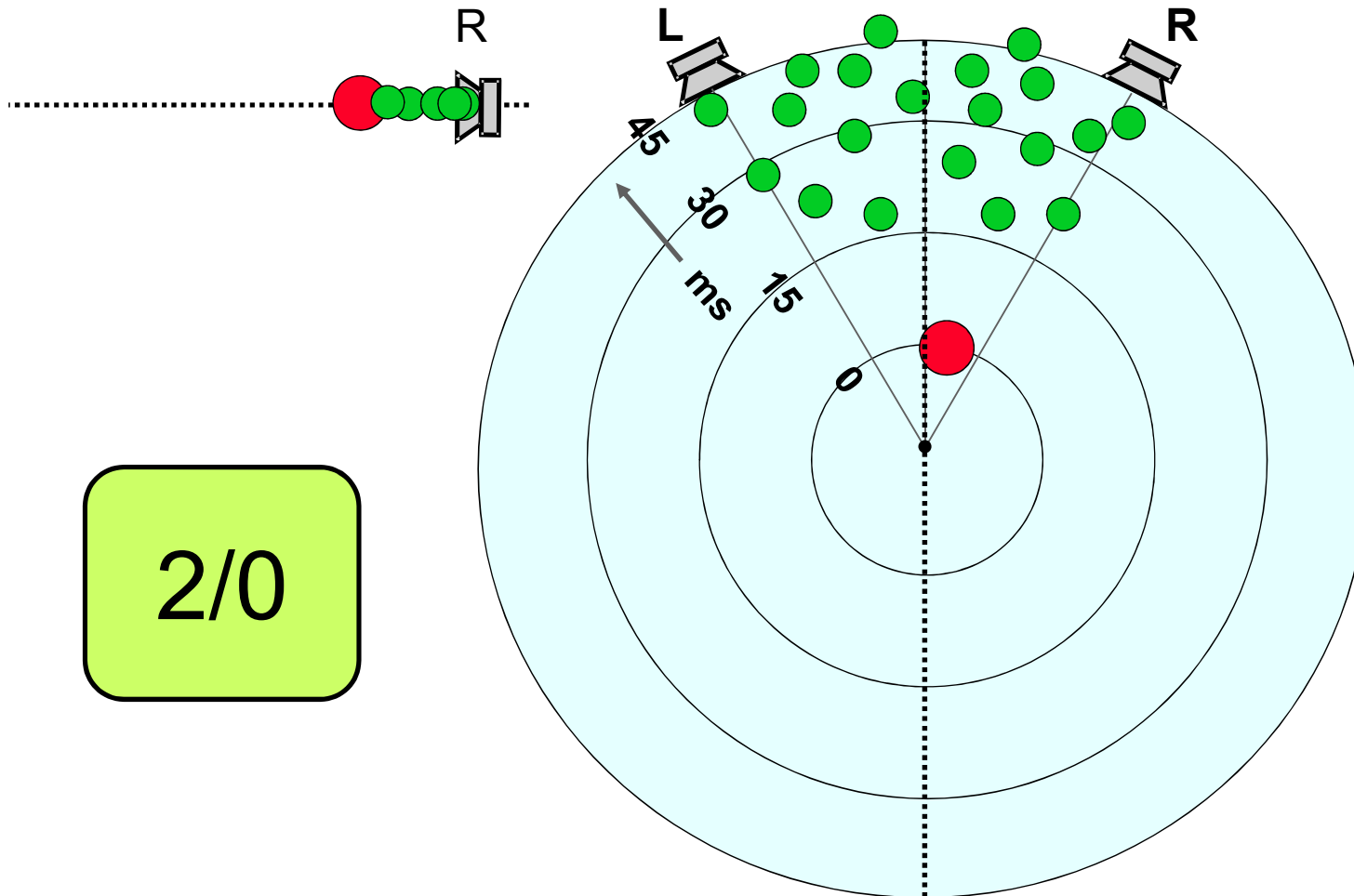
Helmut Wittek
 hauptmikrofon.de


 HOCHSCHULE DER MEDIEN


- Stereophonie mit Höhenkanälen (Stereo+height)

side view

top view

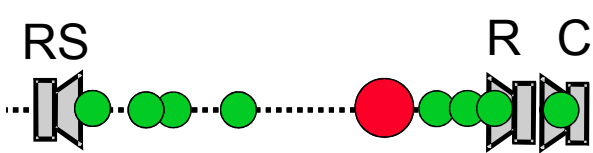


2/0

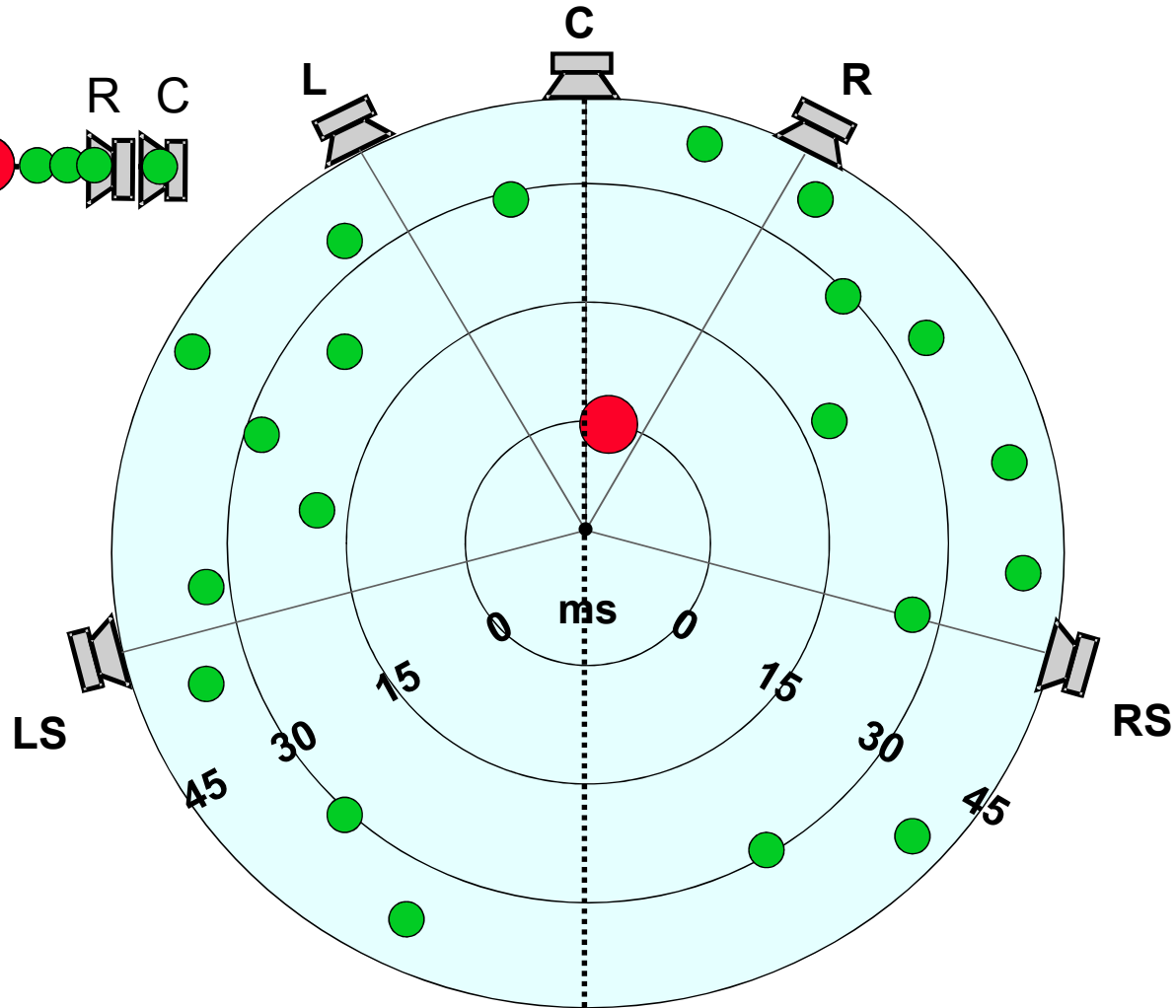
3D-Audio
 Räumliches Hören
 Räumliche Wieder-
 gabetechniken
 Einzelne Quellen
 Stereophonie
 3D-Stereo 
 WFS, HOA
 Binaural
 Kombinationen

- Stereophonie mit Höhenkanälen (Stereo+height)


side view



top view



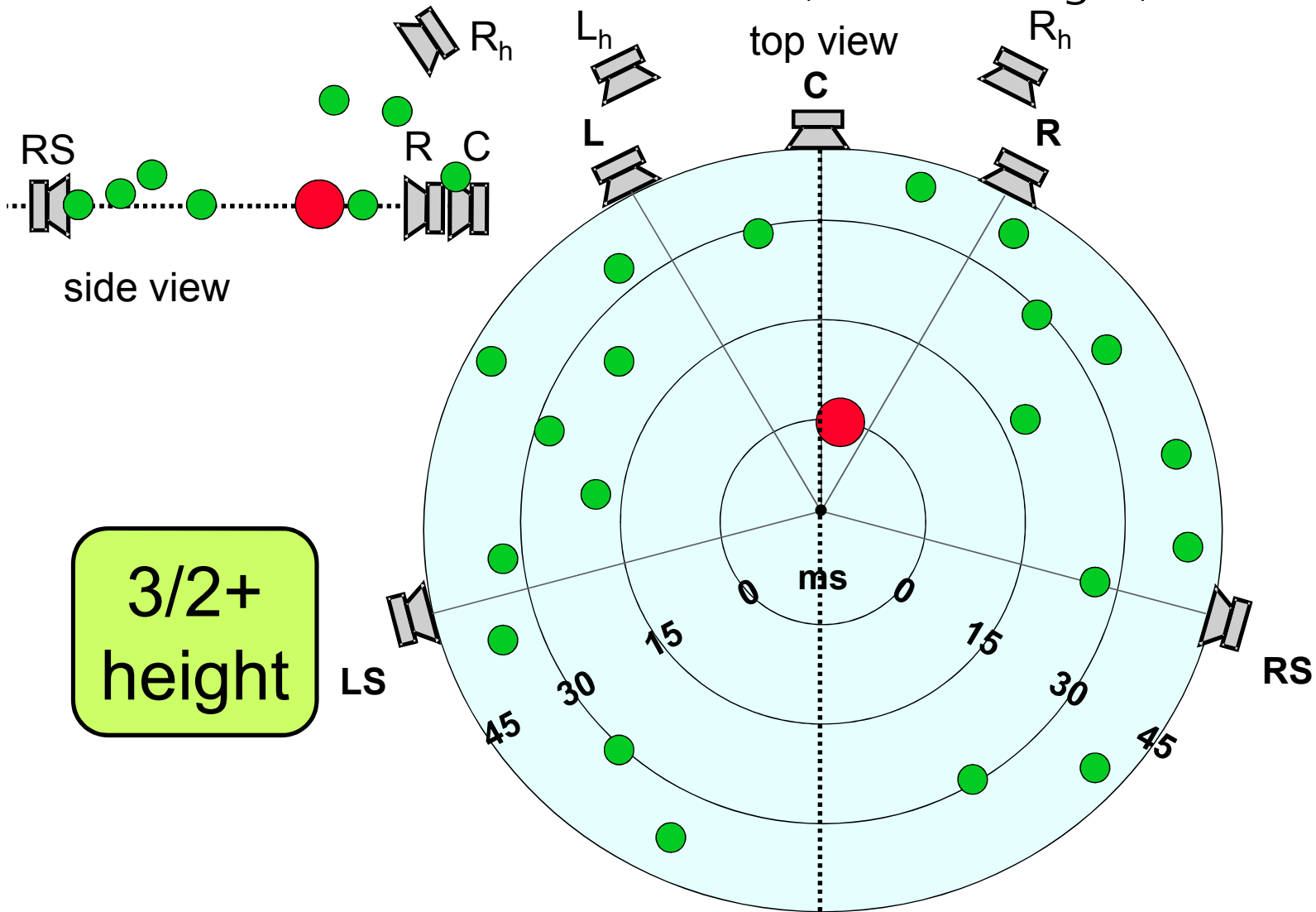
3/2

- 3D-Audio
- Räumliches Hören
- Räumliche Wiedergabetechniken
- Einzelne Quellen
- Stereophonie
- 3D-Stereo 
- WFS, HOA
- Binaural
- Kombinationen


Helmut Wittek
hauptmikrofon.de


HOCHSCHULE DER MEDIEN

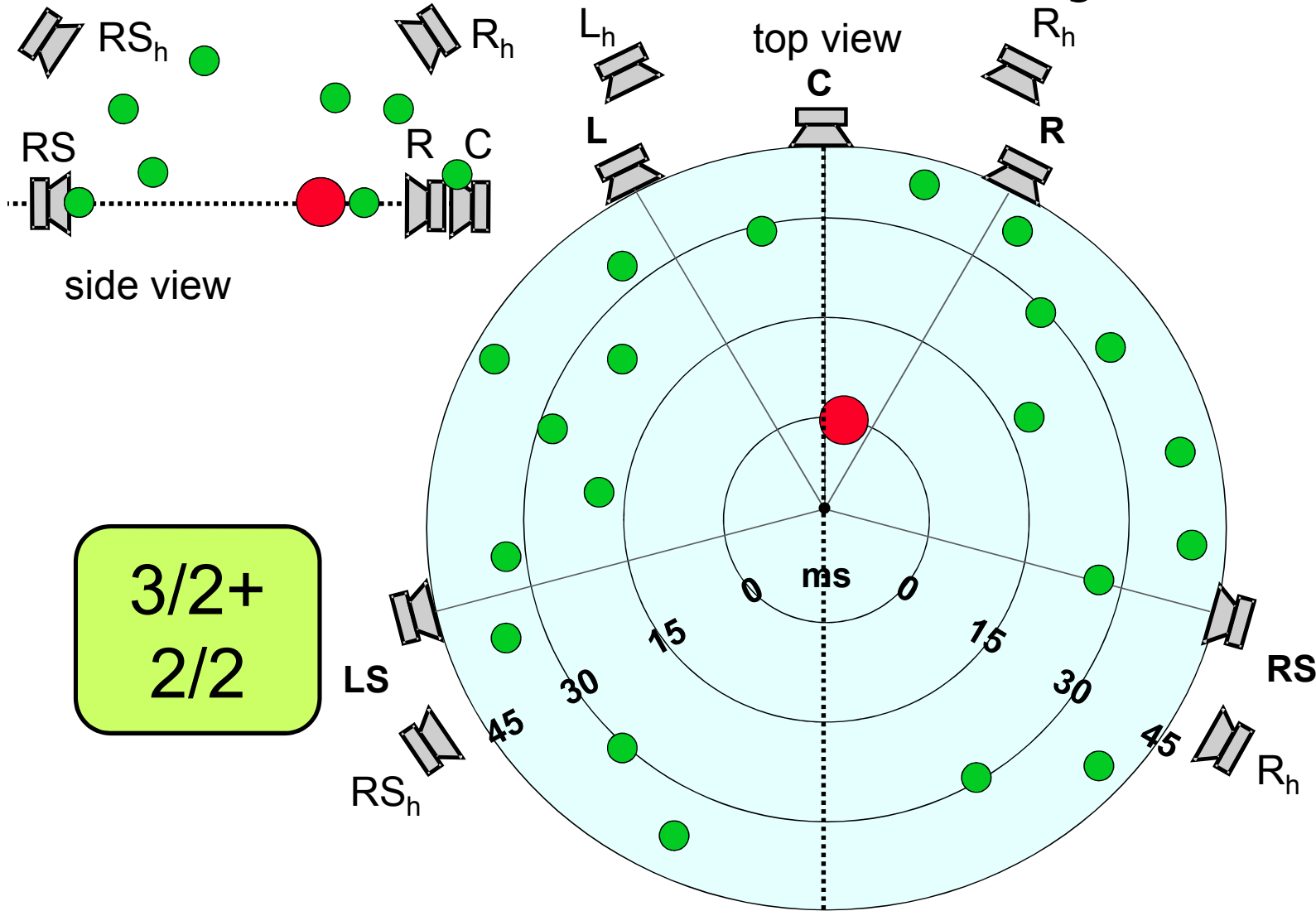
- Stereophonie mit Höhenkanälen (Stereo+height)



3/2+
height

- 3D-Audio
- Räumliches Hören
- Räumliche Wiedergabetechniken
- Einzelne Quellen
- Stereophonie
- 3D-Stereo 
- WFS, HOA
- Binaural
- Kombinationen


• Stereophonie mit Höhenkanälen (Stereo+height)



- 3D-Audio
- Räumliches Hören
- Räumliche Wieder-
gabetechniken
- Einzelne Quellen
- Stereophonie
- 3D-Stereo
- WFS, HOA
- Binaural
- Kombinationen


- 3D-Stereo: Auro3D



3D-Audio
Räumliches Hören
Räumliche Wieder-
gabetechniken
Einzelne Quellen
Stereofonie
3D-Stereo 
WFS, HOA
Binaural
Kombinationen

- 3D-Stereo: Auro3D

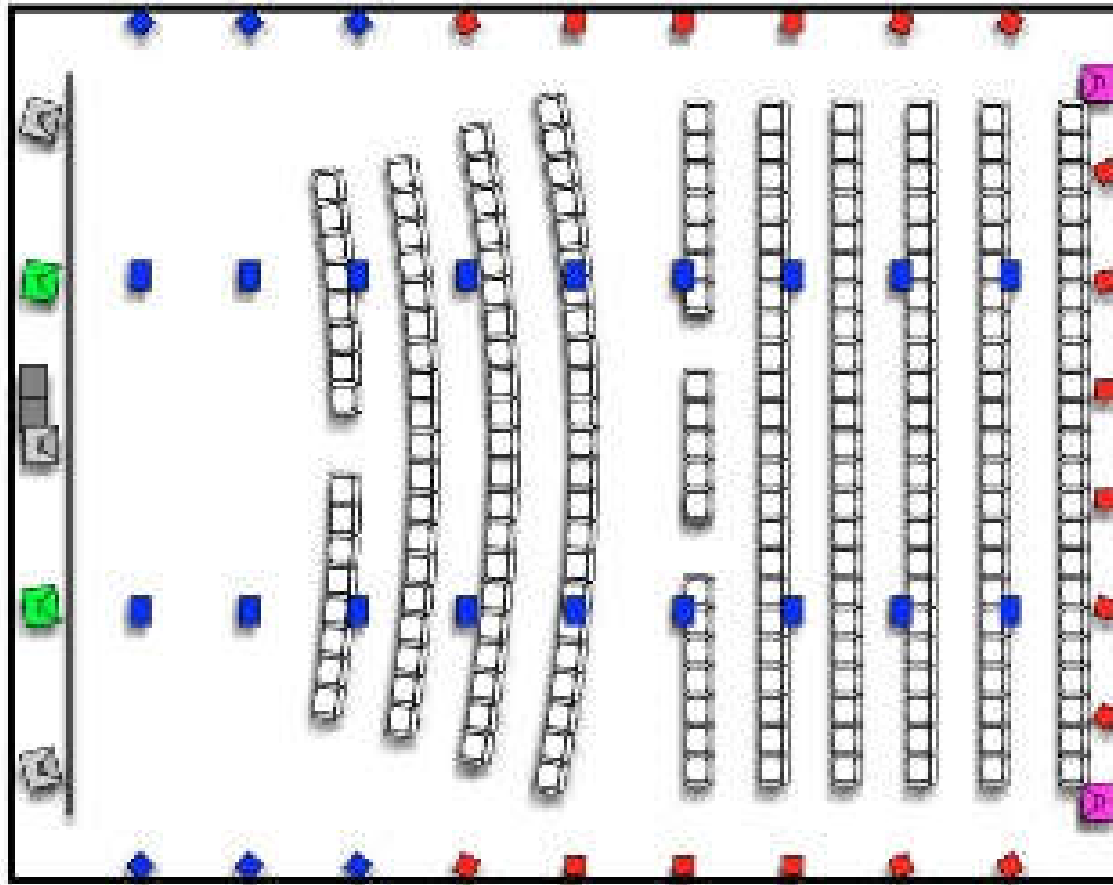



3D-Audio
Räumliches Hören
Räumliche Wieder-
gabetechniken
Einzelne Quellen
Stereofonie
3D-Stereo 
WFS, HOA
Binaural
Kombinationen

Helmut Wittek
hauptmikrofon.de


HOCHSCHULE DER MEDIEN

- 3D-Stereo: Dolby Atmos




3D-Audio
Räumliches Hören
Räumliche Wieder-
gabetechniken
Einzelne Quellen
Stereofonie
3D-Stereo 
WFS, HOA
Binaural
Kombinationen

Helmut Wittek
hauptmikrofon.de

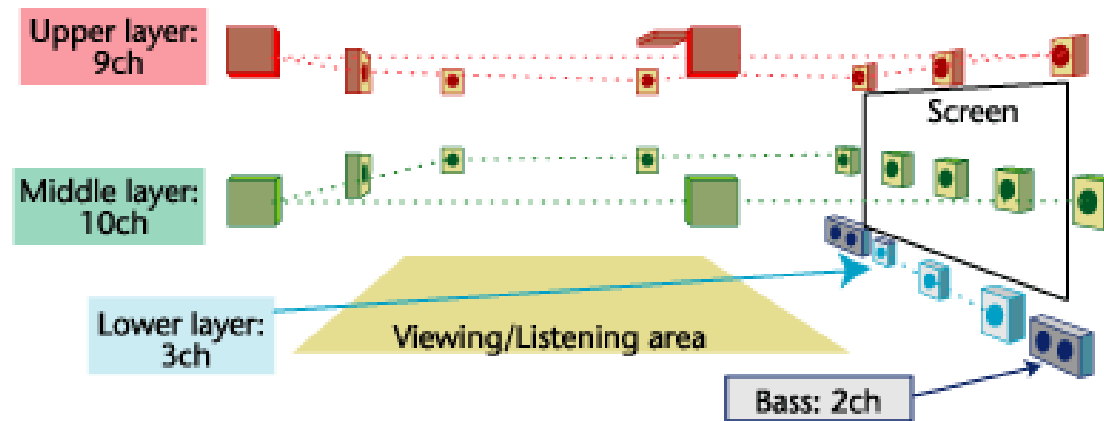
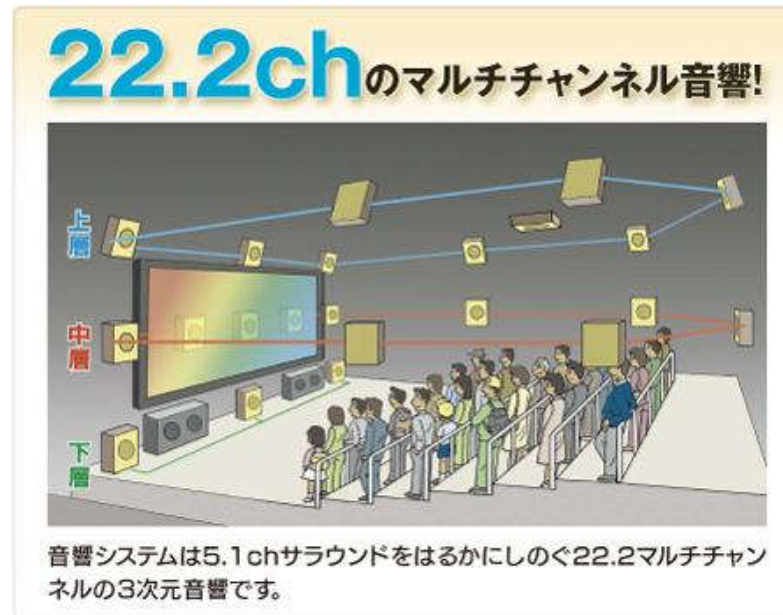

HOCHSCHULE DER MEDIEN


- 3D-Stereo: Dolby Atmos



3D-Audio
Räumliches Hören
Räumliche Wieder-
gabetechniken
Einzelne Quellen
Stereofonie
3D-Stereo 
WFS, HOA
Binaural
Kombinationen


- NHK 22.2



- 3D-Audio
- Räumliches Hören
- Räumliche Wiedergabetechniken
- Einzelne Quellen
- Stereofonie
- 3D-Stereo 
- WFS, HOA
- Binaural
- Kombinationen

- NHK 22.2




3D-Audio
Räumliches Hören
Räumliche Wieder-
gabetechniken
Einzelne Quellen
Stereofonie
3D-Stereo 
WFS, HOA
Binaural
Kombinationen

Helmut Wittek
hauptmikrofon.de


HOCHSCHULE DER MEDIEN

- Stereophonie mit Höhenkanälen (Stereo+height)

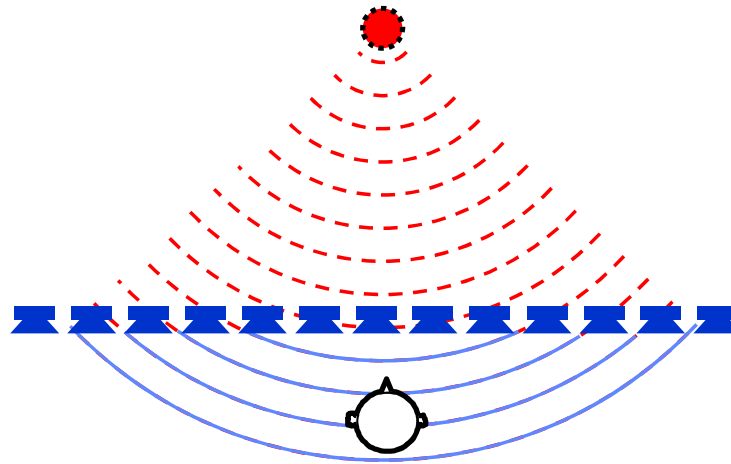



3D-Audio
Räumliches Hören
Räumliche Wieder-
gabetechniken
Einzelne Quellen
Stereophonie
3D-Stereo 
WFS, HOA
Binaural
Kombinationen

Helmut Wittek
hauptmikrofon.de


HOCHSCHULE DER MEDIEN

Räumliche Wiedergabe durch Schallfeld-Rekonstruktion

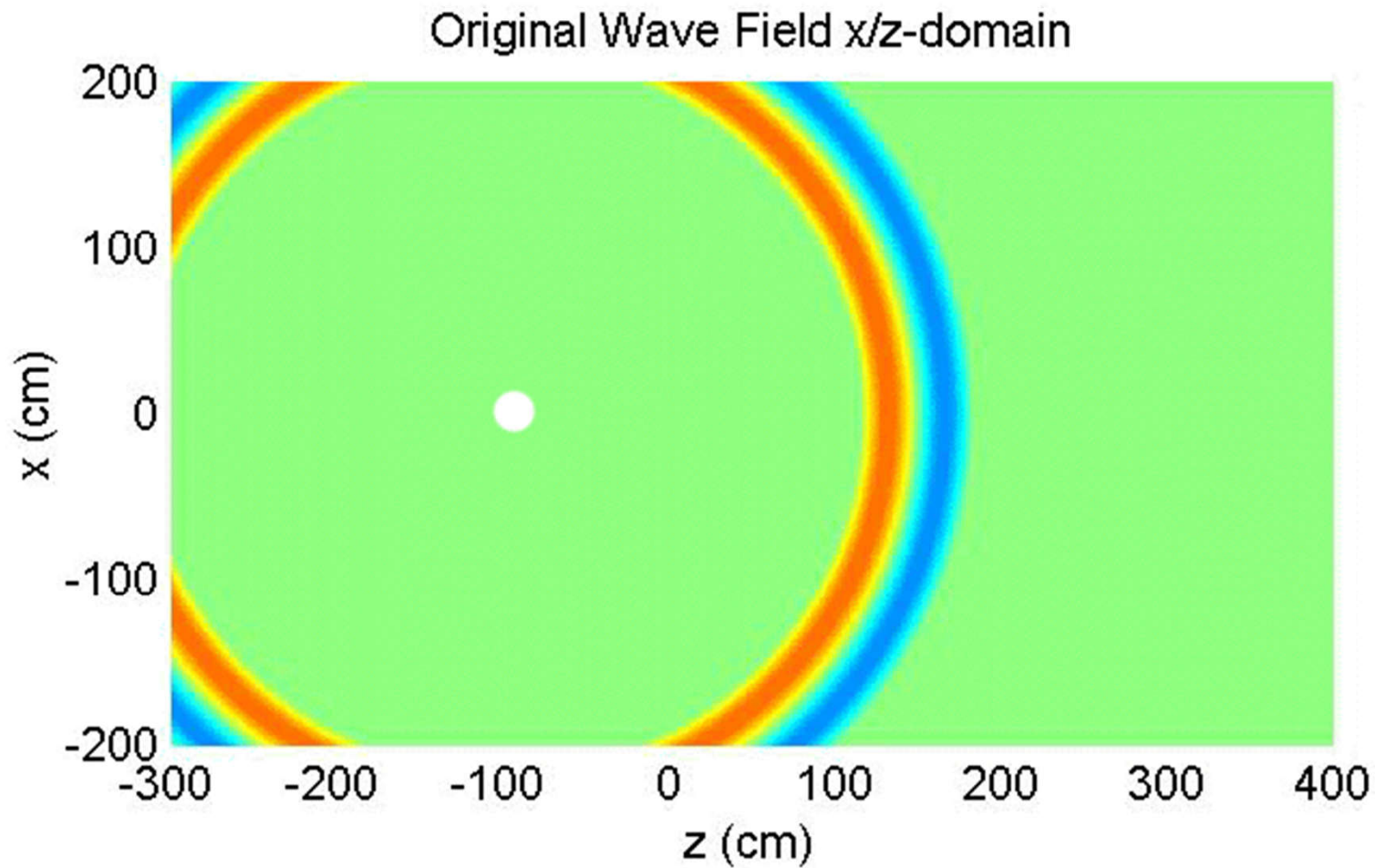



3D-Audio
Räumliches Hören
Räumliche Wieder-
gabetechniken
Einzelne Quellen
Stereofonie
3D-Stereo
WFS, HOA 
Binaural
Kombinationen

Helmut Wittek
hauptmikrofon.de

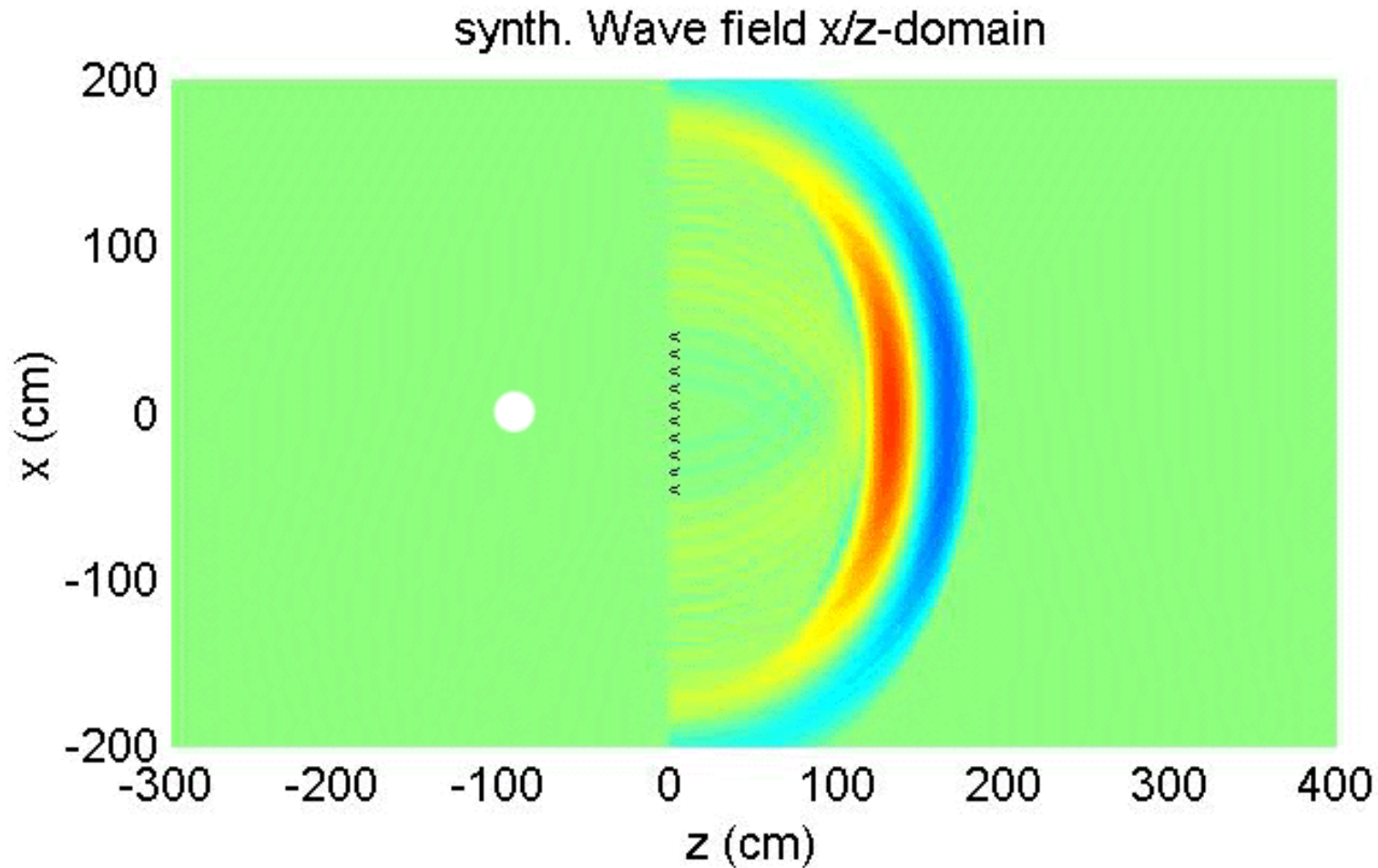

HOCHSCHULE DER MEDIEN


- Wellenfeldsynthese



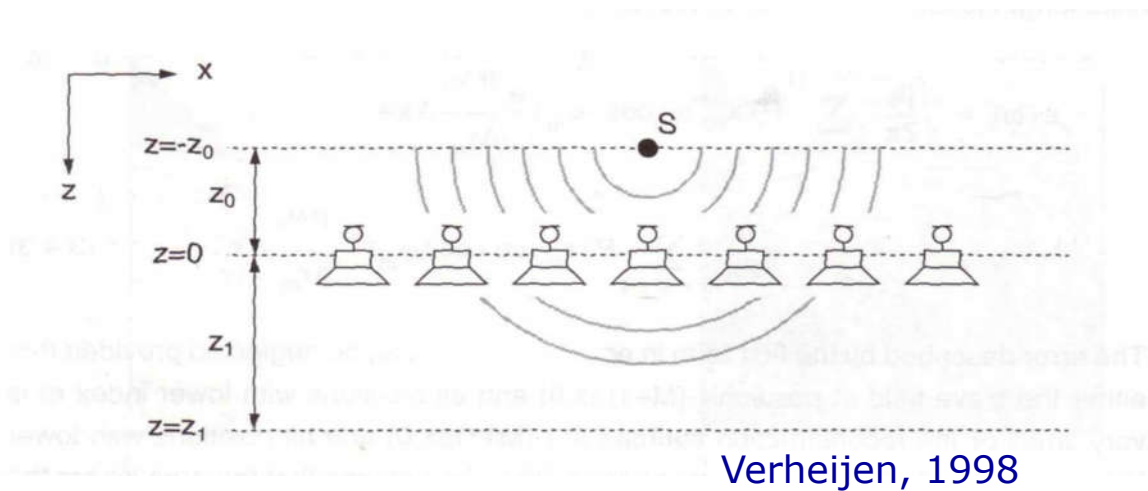
3D-Audio
Räumliches Hören
Räumliche Wieder-
gabetechniken
Einzelne Quellen
Stereofonie
3D-Stereo
WFS, HOA 
Binaural
Kombinationen


- Wellenfeldsynthese



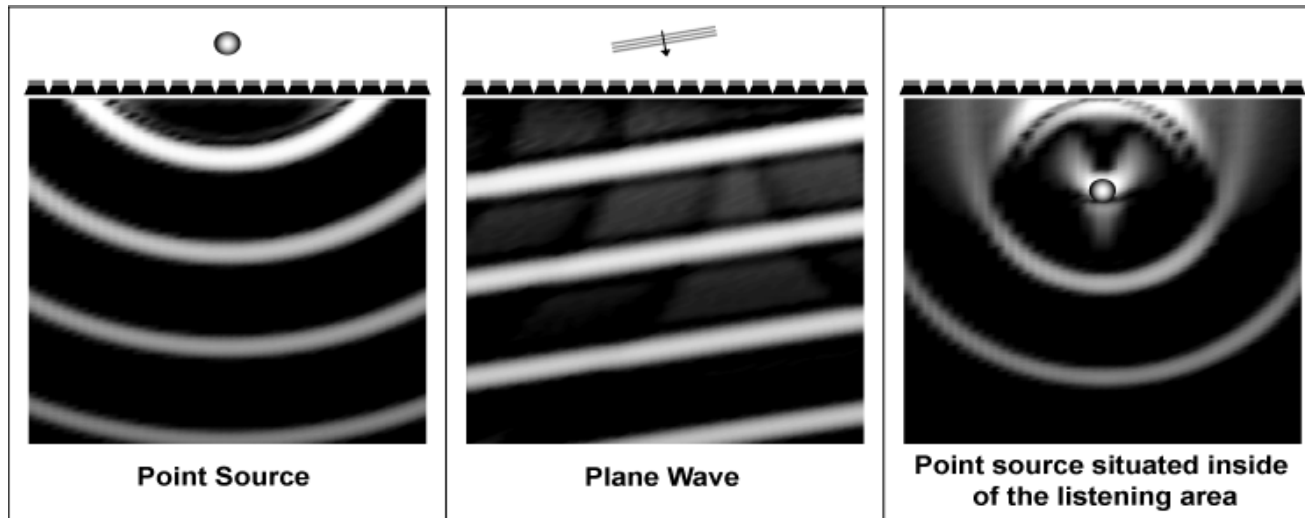
3D-Audio
Räumliches Hören
Räumliche Wieder-
gabetechniken
Einzelne Quellen
Stereofonie
3D-Stereo
WFS, HOA 
Binaural
Kombinationen

- Wellenfeldsynthese
- Mathematische Beschreibung des Schallfelds
- Prinzip: Spatial Sampling → Spatial Reproduction




3D-Audio
 Räumliches Hören
 Räumliche Wieder-
 gabetechniken
 Einzelne Quellen
 Stereophonie
 3D-Stereo
 WFS, HOA 
 Binaural
 Kombinationen

- Wellenfeldsynthese
- Wellenfeld verschiedener Quellenarten:

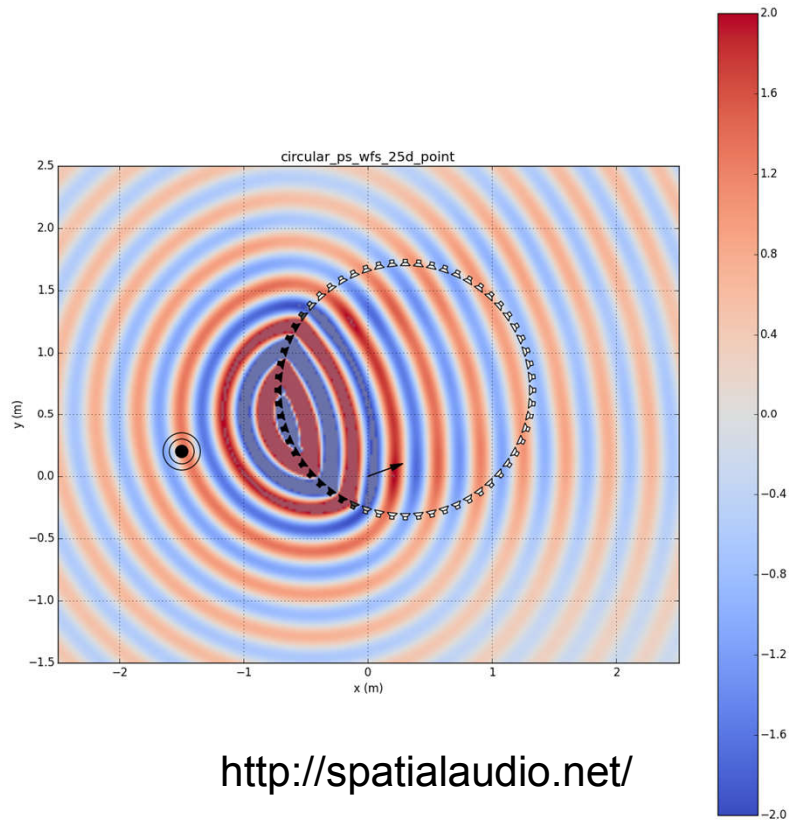



Source: http://recherche.ircam.fr/equipes/salles/WFS_WEBSITE/Index_wfs_site.htm

3D-Audio
 Räumliches Hören
 Räumliche Wieder-
 gabetechniken
 Einzelne Quellen
 Stereophonie
 3D-Stereo
 WFS, HOA 
 Binaural
 Kombinationen

- Wellenfeldsynthese

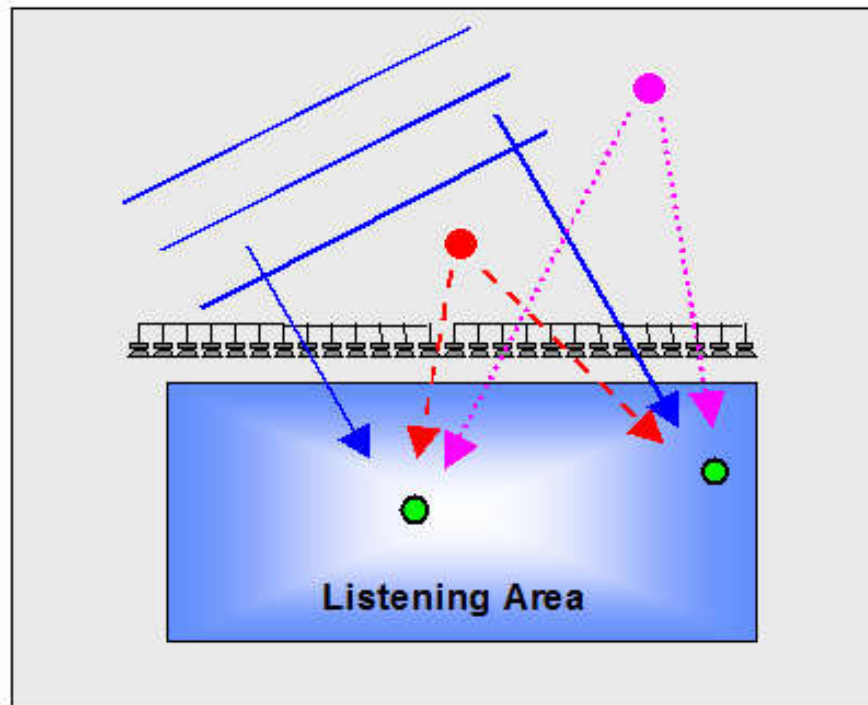
- Wellenfeld:




3D-Audio
Räumliches Hören
Räumliche Wieder-
gabetechniken
Einzelne Quellen
Stereofonie
3D-Stereo
WFS, HOA 
Binaural
Kombinationen

- Wellenfeldsynthese
- Dynamische Perspektive

Darstellung der Perspektive



3D-Audio
 Räumliches Hören
 Räumliche Wieder-
 gabetechniken
 Einzelne Quellen
 Stereophonie
 3D-Stereo
 WFS, HOA 
 Binaural
 Kombinationen

Helmut Wittek
 hauptmikrofon.de

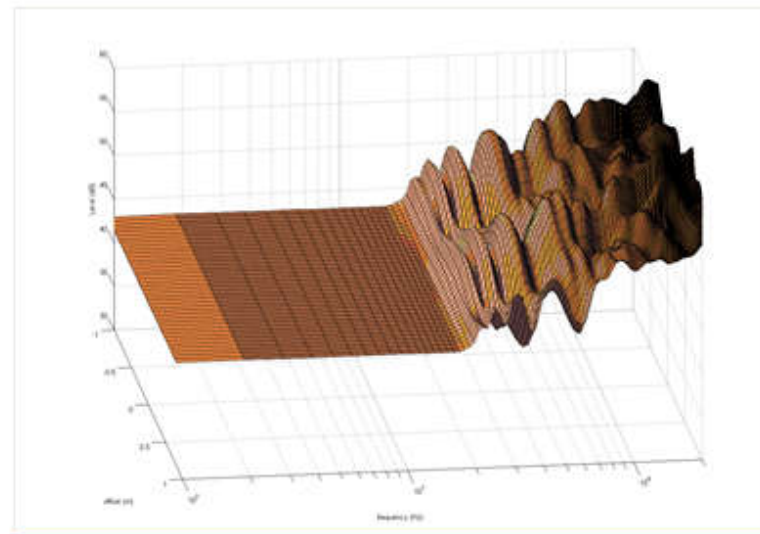

 HOCHSCHULE DER MEDIEN


- Wellenfeldsynthese



- Kompromiss:


Spatial Aliasing



- 3D-Audio
- Räumliches Hören
- Räumliche Wieder-
gabetechniken
- Einzelne Quellen
- Stereofonie
- 3D-Stereo
- WFS, HOA 
- Binaural
- Kombinationen

- Wellenfeldsynthese
- WFS Installation in Ilmenau (Fraunhofer)




3D-Audio
Räumliches Hören
Räumliche Wieder-
gabetechniken
Einzelne Quellen
Stereofonie
3D-Stereo
WFS, HOA 
Binaural
Kombinationen

- Wellenfeldsynthese
- WFS mit Flat Panels (Sonic Emotion)




Source: http://recherche.ircam.fr/equipements/salles/WFS_WEBSITE/Index_wfs_site.htm

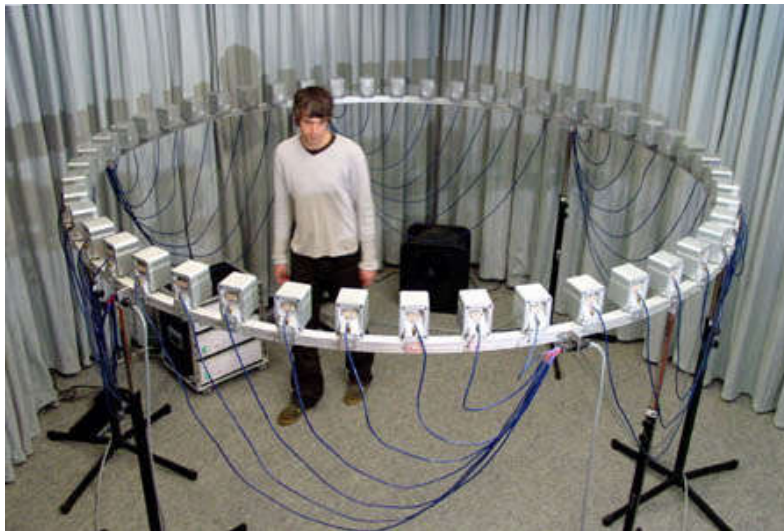
3D-Audio
Räumliches Hören
Räumliche Wiedergabetechniken
Einzelne Quellen
Stereofonie
3D-Stereo
WFS, HOA 
Binaural
Kombinationen


- Wellenfeldsynthese
- WFS Testaufbau mit unterschiedlichen Lautsprecherabständen



3D-Audio
Räumliches Hören
Räumliche Wiedergabetechniken
Einzelne Quellen
Stereofonie
3D-Stereo
WFS, HOA 
Binaural
Kombinationen

- Wellenfeldsynthese
- Zirkulares Array



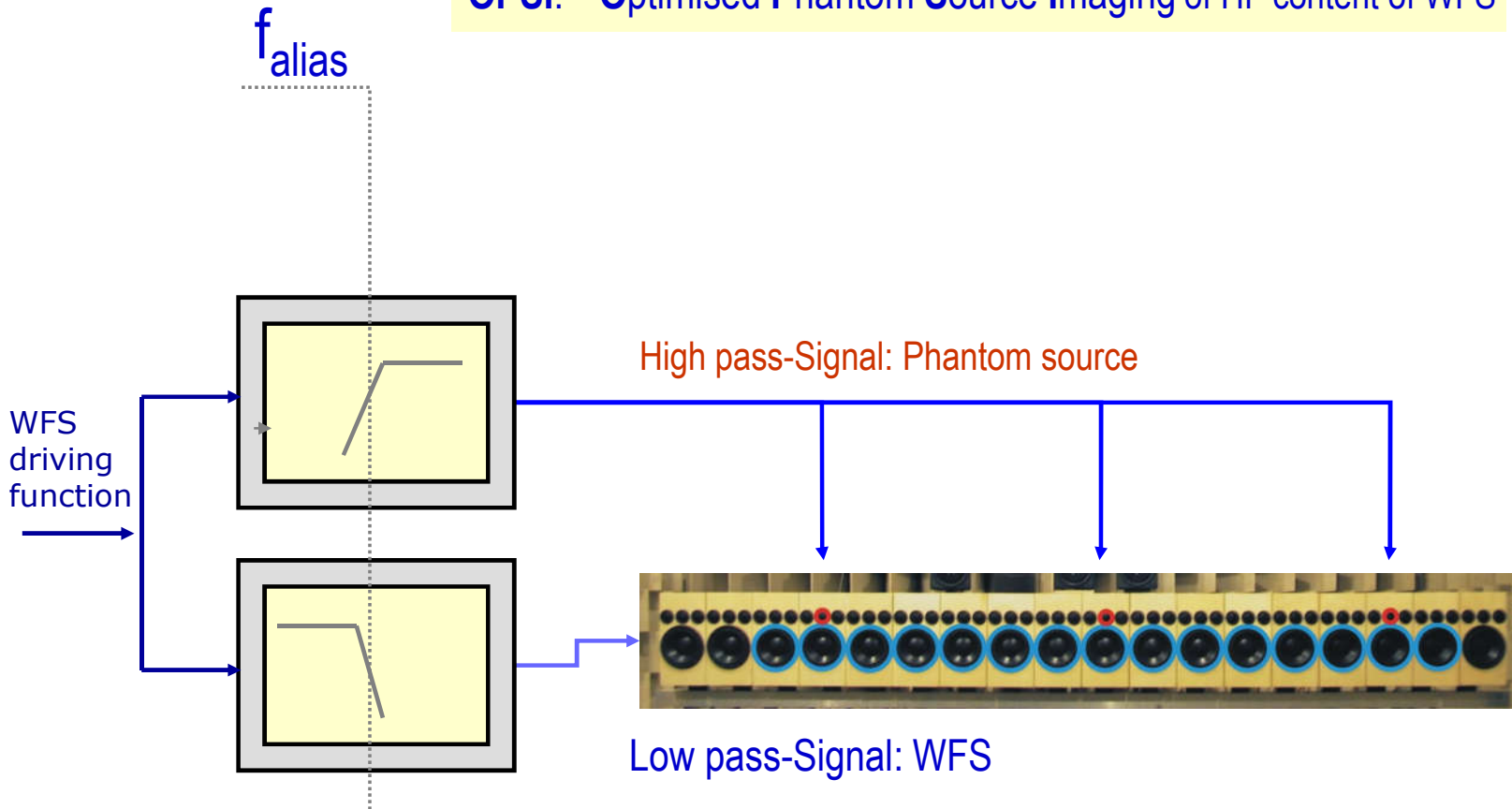
3D-Audio
Räumliches Hören
Räumliche Wieder-
gabetechniken
Einzelne Quellen
Stereofonie
3D-Stereo
WFS, HOA 
Binaural
Kombinationen


Helmut Wittek
hauptmikrofon.de


HOCHSCHULE DER MEDIEN

- Wellenfeldsynthese
- OPSI

OPSI: Optimised Phantom Source Imaging of HF content of WFS



3D-Audio
 Räumliches Hören
 Räumliche Wiedergabetechniken
 Einzelne Quellen
 Stereophonie
 3D-Stereo
 WFS, HOA 
 Binaural
 Kombinationen

- Ambisonics
- Mathematische Beschreibung des Schallfelds ähnlich WFS

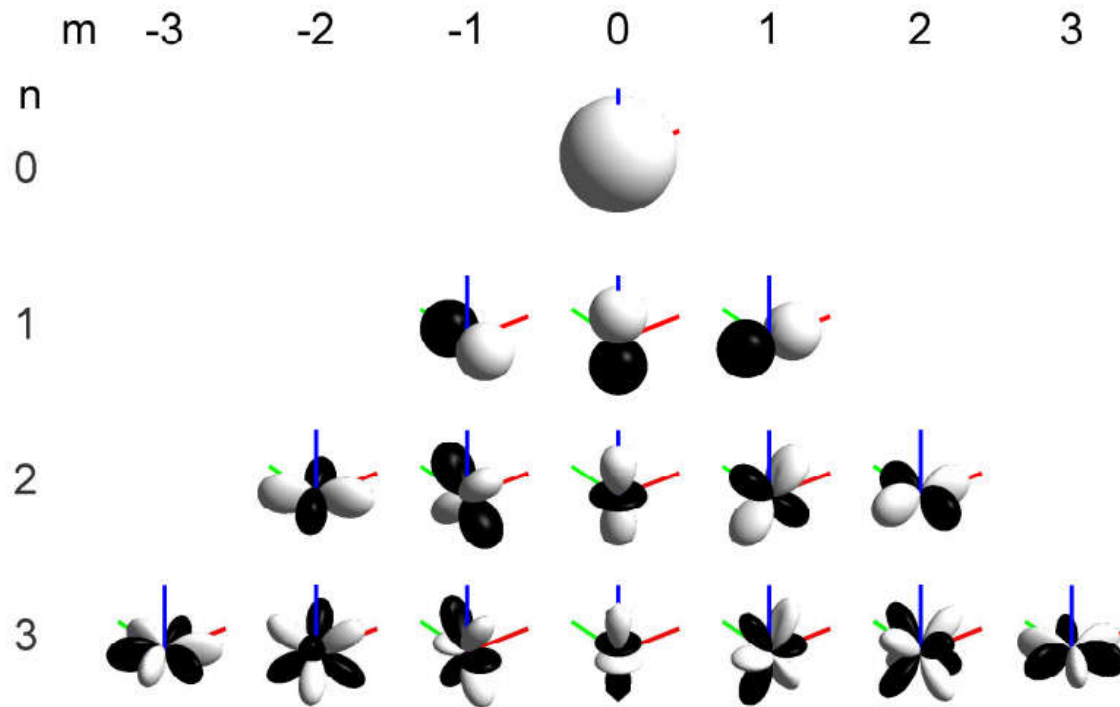




Fig. 1: First 16 spherical harmonics with order n and degree m .

3D-Audio
 Räumliches Hören
 Räumliche Wieder-
 gabetechniken
 Einzelne Quellen
 Stereofonie
 3D-Stereo
 WFS, HOA 
 Binaural
 Kombinationen

- Ambisonics




3D-Audio
Räumliches Hören
Räumliche Wieder-
gabetechniken
Einzelne Quellen
Stereofonie
3D-Stereo
WFS, HOA 
Binaural
Kombinationen

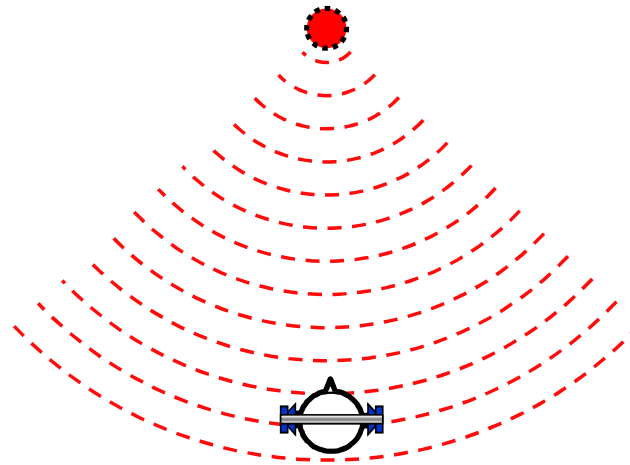
Helmut Wittek
hauptmikrofon.de



HOCHSCHULE DER MEDIEN

- WFS ↔ Ambisonics
- Beide: Mathematische Beschreibung des Schallfelds; da dies nicht zu 100% möglich ist, verwenden beide unterschiedliche Kompromisse:
- WFS:
 - Hörzone abhängig von Arraygröße
 - Aliasfrequenz abhängig von Lautsprecherabstand
- Ambisonics
 - Hörzone abhängig von der Anzahl der Lautsprecher
 - Keine Aliasfrequenz

3D-Audio
 Räumliches Hören
 Räumliche Wiedergabetechniken
 Einzelne Quellen
 Stereophonie
 3D-Stereo
 WFS, HOA 
 Binaural
 Kombinationen

Räumliche Wiedergabe durch Binauraltechnik

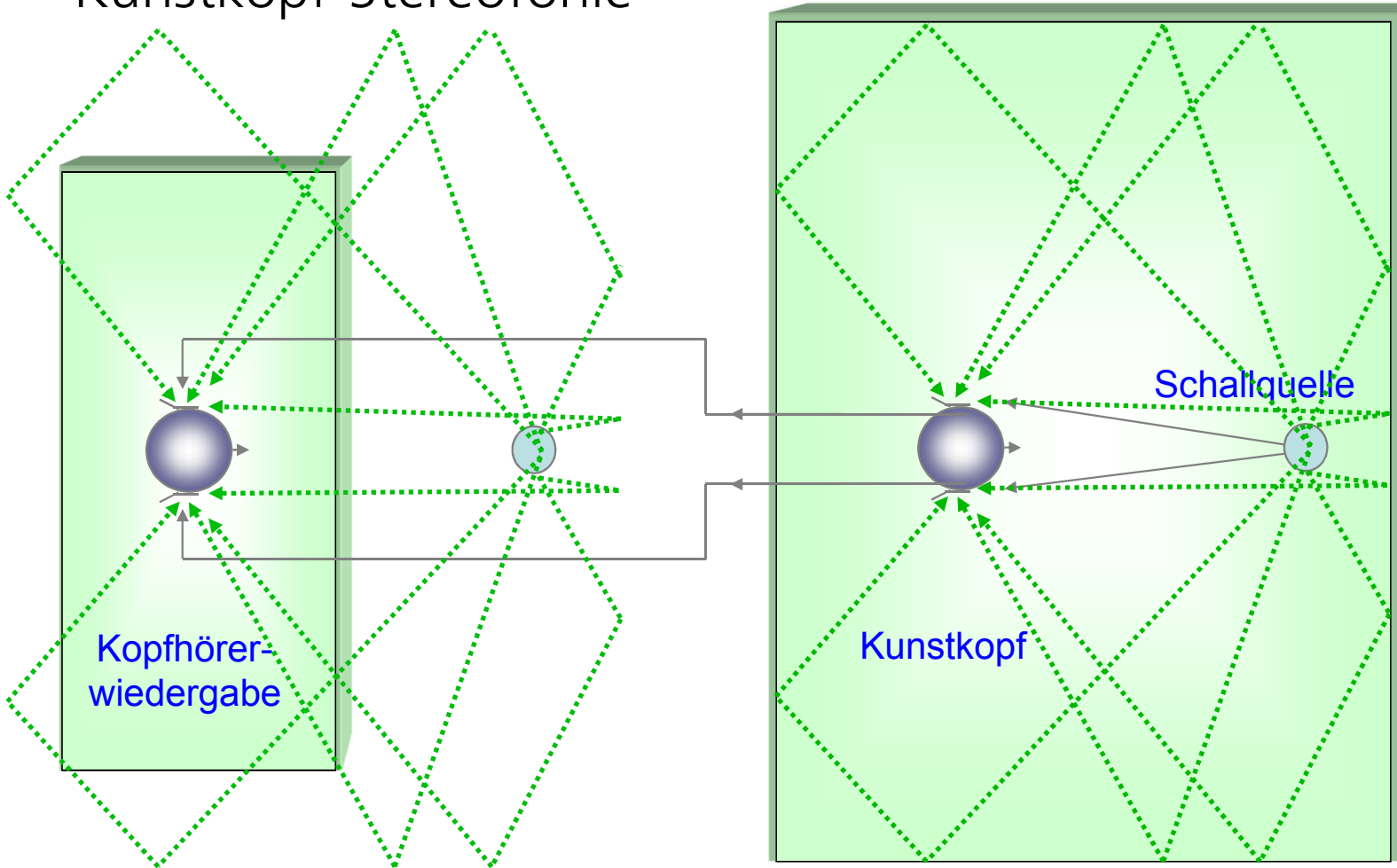



3D-Audio
Räumliches Hören
Räumliche Wiedergabetechniken
Einzelne Quellen
Stereofonie
3D-Stereo
WFS, HOA
Binaural 
Kombinationen

Helmut Wittek
hauptmikrofon.de



HOCHSCHULE DER MEDIEN

- Binauraltechnik
- Kunstkopf-Stereofonie




3D-Audio
 Räumliches Hören
 Räumliche Wiedergabetechniken
 Einzelne Quellen
 Stereofonie
 3D-Stereo
 WFS, HOA
 Binaural 
 Kombinationen

- Binauraltechnik
- Binauraltechnik = 2-kanalige Kopfbezogene Stereophonie
- Hohe räumliche „Datenkompression“ → nur 2 Kanäle für ein komplexes 3D-Audio Signal
- Die Ohren als Richtungsfilter sind im Audiosignal enthalten
- Wiedergabe über Kopfhörer
- Künstlich generierte binaurale Signale entstehen durch Anwendung von HRTF/BRIR auf trockenen Signalen.
HRTF (Head Related Transfer Functions)
BRIR (Binaural Room Impulse Response)

3D-Audio
Räumliches Hören
Räumliche Wieder-
gabetechniken
Einzelne Quellen
Stereophonie
3D-Stereo
WFS, HOA
Binaural 
Kombinationen


- Binauraltechnik
- Kunstkopf



3D-Audio
 Räumliches Hören
 Räumliche Wieder-
 gabetechniken
 Einzelne Quellen
 Stereophonie
 3D-Stereo
 WFS, HOA
 Binaural 
 Kombinationen


- Binauraltechnik
- Kunstkopf-Hörspiele gab es seit den 70er Jahren
- Wiederentdeckung der Binauraltechnik in den 2010ern durch Kopfhöreranwendung sowie Techniken der künstlichen Erzeugung von binauralen Signalen
 - <http://audiogroup.web.th-koeln.de/>



3D-Audio
 Räumliches Hören
 Räumliche Wiedergabetechniken
 Einzelne Quellen
 Stereophonie
 3D-Stereo
 WFS, HOA
 Binaural 
 Kombinationen

- Binauraltechnik
- Moderne Kunstkopfhörspiele:
<http://nouvoson.radiofrance.fr/>

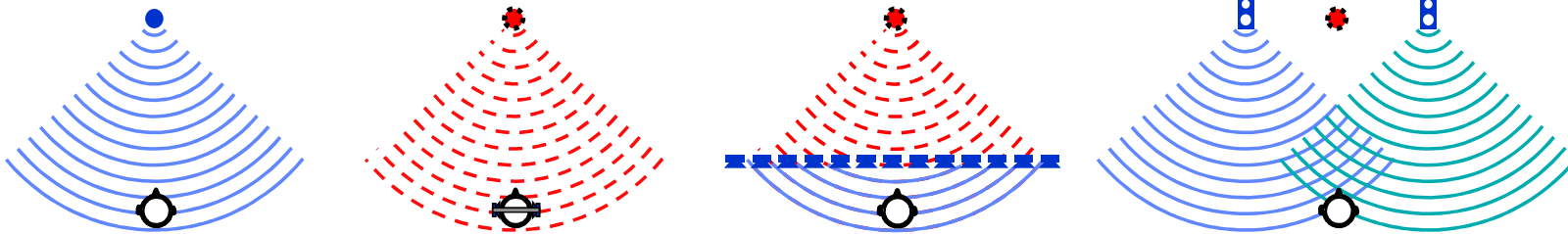



3D-Audio
Räumliches Hören
Räumliche Wieder-
gabetechniken
Einzelne Quellen
Stereofonie
3D-Stereo
WFS, HOA
Binaural 
Kombinationen

Helmut Wittek
hauptmikrofon.de


HOCHSCHULE DER MEDIEN

- Kombinationen der Wiedergabetechniken

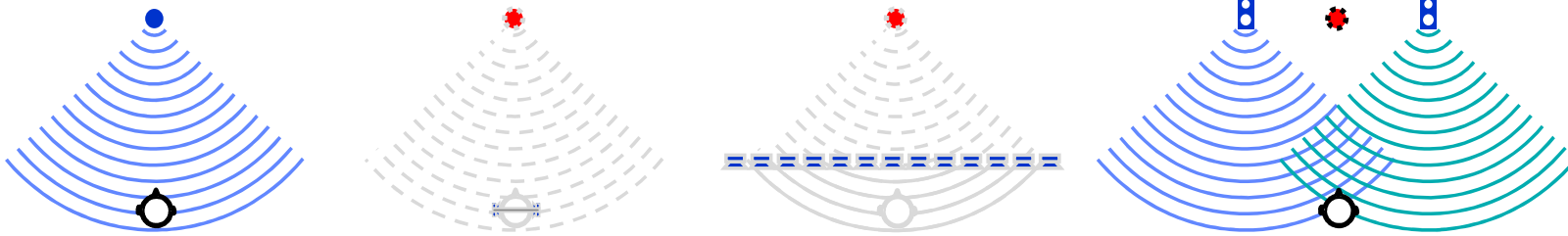


3D-Audio
Räumliches Hören
Räumliche Wieder-
gabetechniken
Einzelne Quellen
Stereofonie
3D-Stereo
WFS, HOA
Binaural
Kombinationen 


Helmut Wittek
hauptmikrofon.de


HOCHSCHULE DER MEDIEN

- Kombinationen der Wiedergabetechniken




- Einzelne Quellen → Stereophonie
 - Erzeugung virtueller Räume in Stereophonie (Faltung)
- Anwendung: Faltungshall

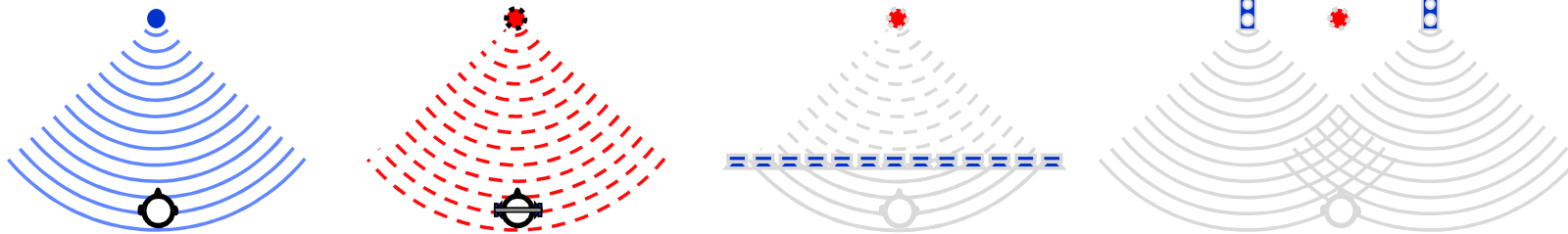
3D-Audio
Räumliches Hören
Räumliche Wieder-
gabetechniken
Einzelne Quellen
Stereophonie
3D-Stereo
WFS, HOA
Binaural
Kombinationen 

- Faltungshall




3D-Audio
Räumliches Hören
Räumliche Wieder-
gabetechniken
Einzelne Quellen
Stereofonie
3D-Stereo
WFS, HOA
Binaural
Kombinationen 

- Kombinationen der Wiedergabetechniken




- Einzelne Quellen → Binaural
 - Einzelne Quellen in einem virtuellen Raum (Faltung)
- Anwendung:
 - Auralisierung (Architektur, Akustik)
 - VR

3D-Audio
 Räumliches Hören
 Räumliche Wieder-
 gabetechniken
 Einzelne Quellen
 Stereofonie
 3D-Stereo
 WFS, HOA
 Binaural
 Kombinationen 

- Messung mit Kunstkopf




3D-Audio
Räumliches Hören
Räumliche Wieder-
gabetechniken
Einzelne Quellen
Stereofonie
3D-Stereo
WFS, HOA
Binaural
Kombinationen 

Helmut Wittek
hauptmikrofon.de

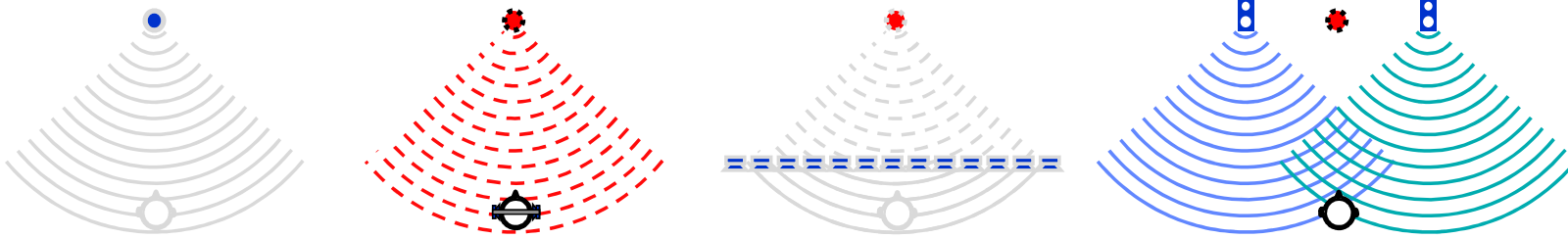

HOCHSCHULE DER MEDIEN

- Oculus




3D-Audio
Räumliches Hören
Räumliche Wiedergabetechniken
Einzelne Quellen
Stereofonie
3D-Stereo
WFS, HOA
Binaural
Kombinationen 

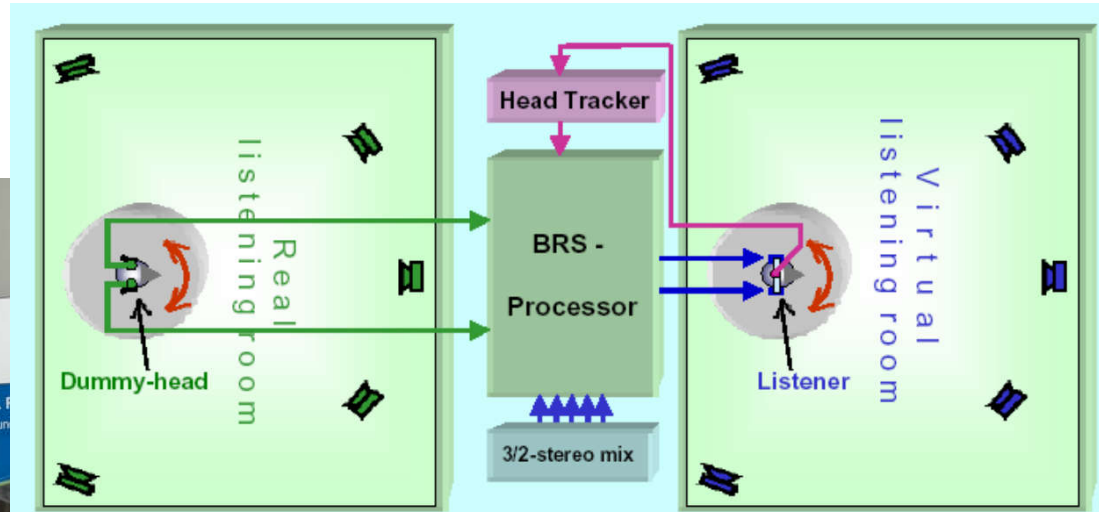
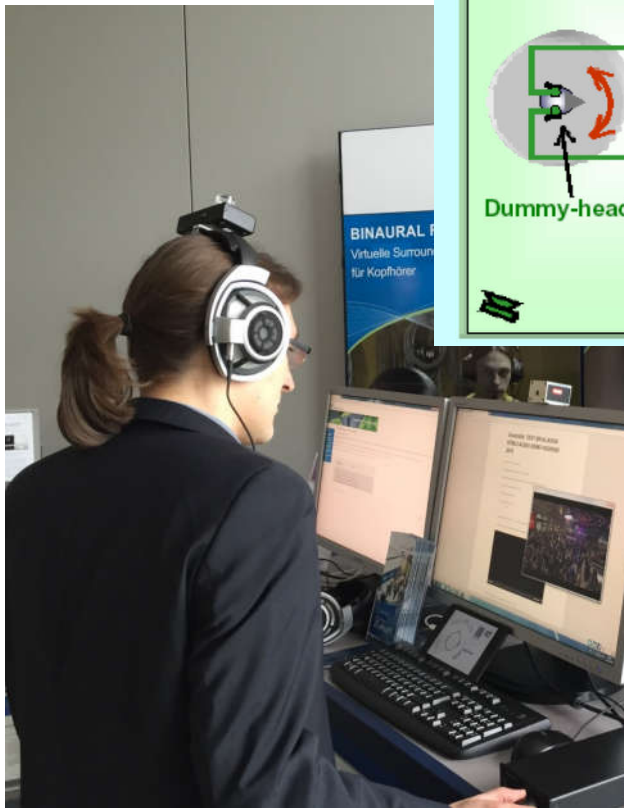
- Kombinationen der Wiedergabetechniken




- Stereophonie → Binaural
 - Stereophone Signale in einem virtuellen Raum (Faltung)
- Anwendung:
 - Virtueller Abhörraum, z.B. „IRT: BRS“, „Beyerdynamic: Headzone“, „Smythe: Realizer“
 - VR (Oculus)

3D-Audio
 Räumliches Hören
 Räumliche Wieder-
 gabetechniken
 Einzelne Quellen
 Stereophonie
 3D-Stereo
 WFS, HOA
 Binaural
 Kombinationen 

- Virtueller Abhörraum mit Headtracking

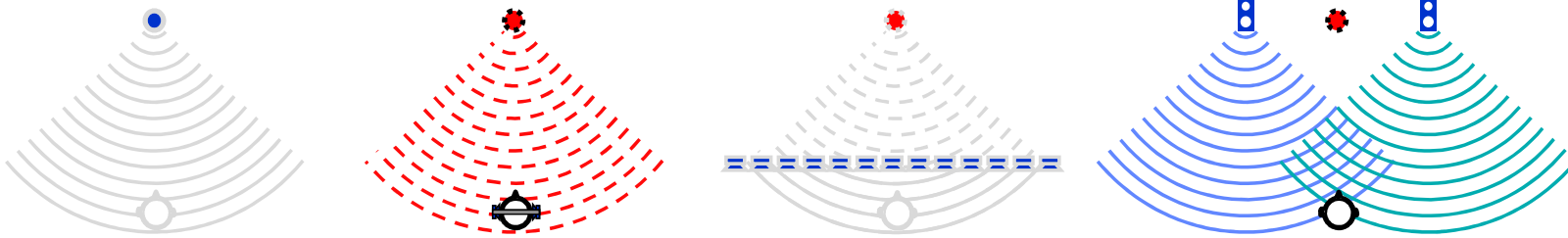


3D-Audio
 Räumliches Hören
 Räumliche Wieder-
 gabetechniken
 Einzelne Quellen
 Stereophonie
 3D-Stereo
 WFS, HOA
 Binaural
 Kombinationen 


Helmut Wittek
 hauptmikrofon.de


 HOCHSCHULE DER MEDIEN

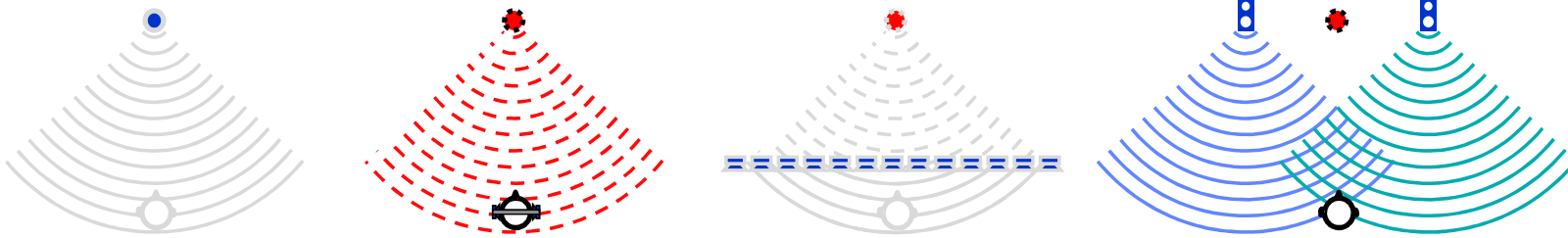
- Kombinationen der Wiedergabetechniken



- Binaural → Stereophonie
 - XTC: Crosstalk-Cancelling
 - Binaural ohne Kopfhörer
- Anwendung: „Virtual Surround“ aus dem TV, iPad


3D-Audio
Räumliches Hören
Räumliche Wieder-
gabetechniken
Einzelne Quellen
Stereophonie
3D-Stereo
WFS, HOA
Binaural
Kombinationen 

- Kombinationen der Wiedergabetechniken

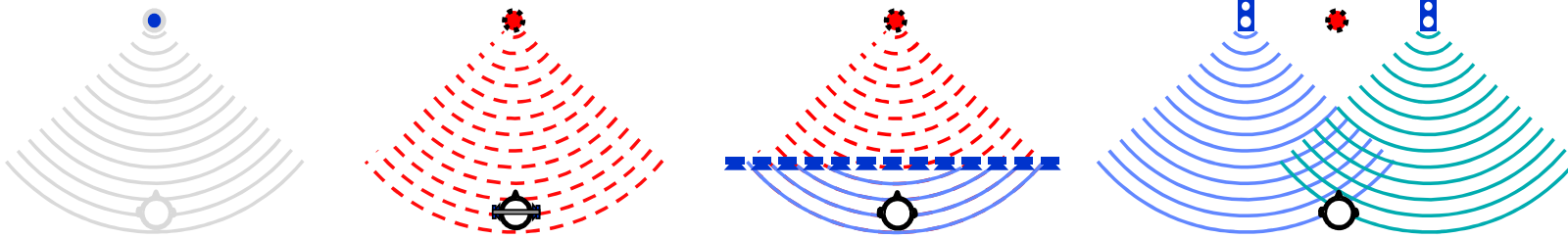


- Stereophonie → Binaural → Stereophonie
 - Stereophonie im virtuellen Raum mit XTC

- Anwendung: Lautsprecher-Effekte im Hifi-Verstärker, iPad


3D-Audio
 Räumliches Hören
 Räumliche Wieder-
 gabetechniken
 Einzelne Quellen
 Stereophonie
 3D-Stereo
 WFS, HOA
 Binaural
 Kombinationen 

- Kombinationen der Wiedergabetechniken




- Stereophonie → Binaural → Wellenfeldsynthese
 - Virtueller Abhörraum mit XTC über ein WFS-Array

- Anwendung: „Binaural Sky“

3D-Audio
 Räumliches Hören
 Räumliche Wieder-
 gabetechniken
 Einzelne Quellen
 Stereophonie
 3D-Stereo
 WFS, HOA
 Binaural
 Kombinationen 

- „Binaural Sky“

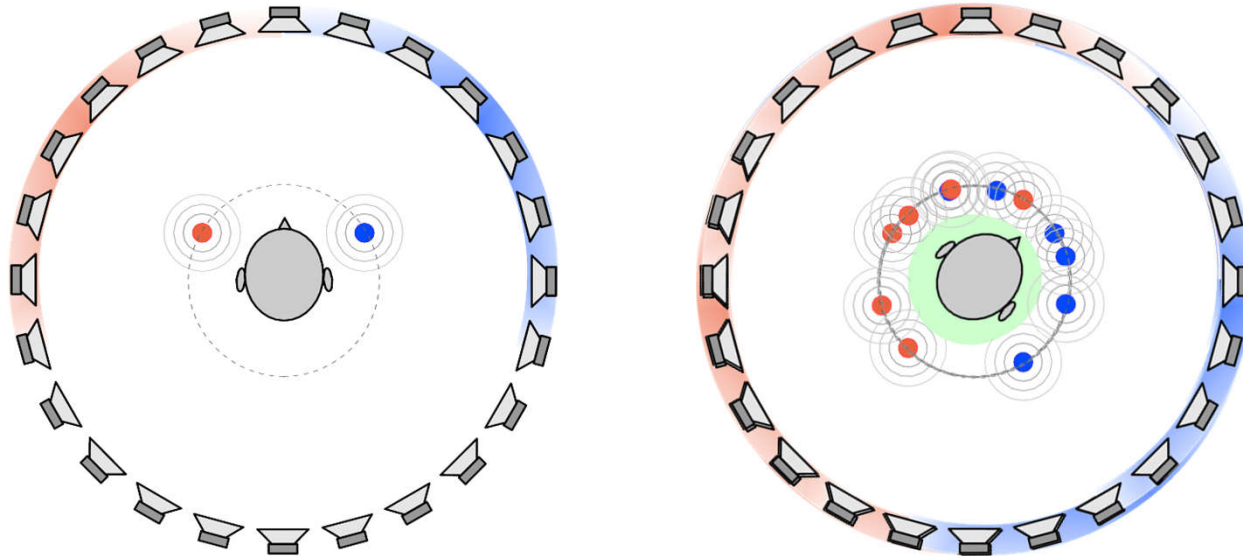



3D-Audio
Räumliches Hören
Räumliche Wieder-
gabetechniken
Einzelne Quellen
Stereofonie
3D-Stereo
WFS, HOA
Binaural
Kombinationen 

Helmut Wittek
hauptmikrofon.de


HOCHSCHULE DER MEDIEN

- „Binaural Sky“

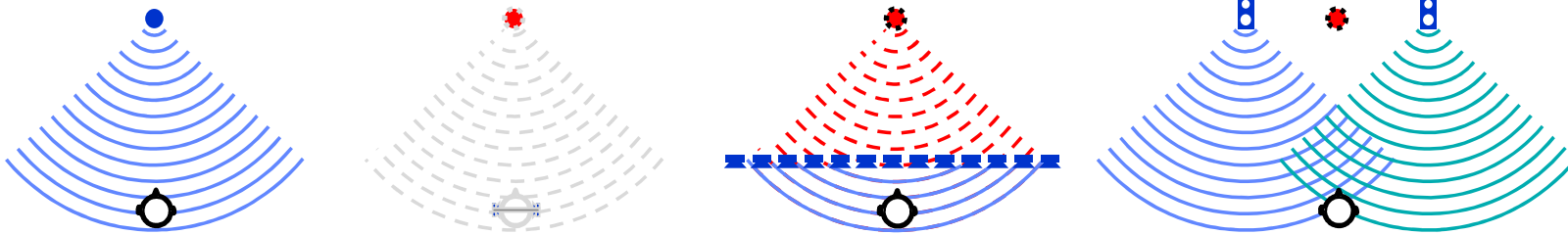


3D-Audio
Räumliches Hören
Räumliche Wieder-
gabetechniken
Einzelne Quellen
Stereofonie
3D-Stereo
WFS, HOA
Binaural
Kombinationen 


Helmut Wittek
hauptmikrofon.de


HOCHSCHULE DER MEDIEN

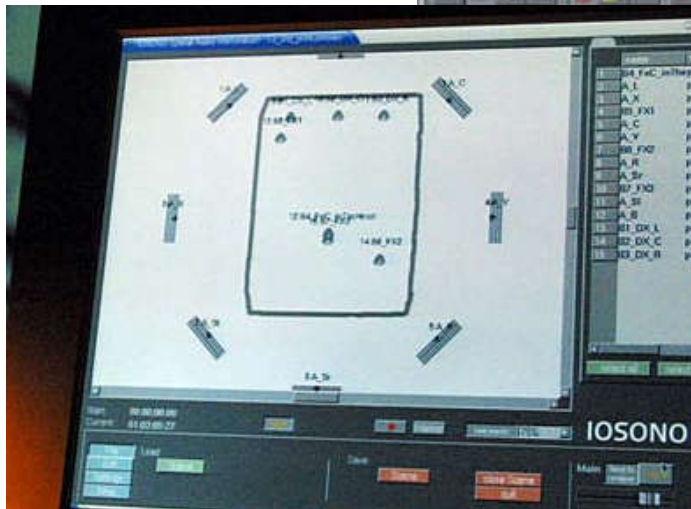
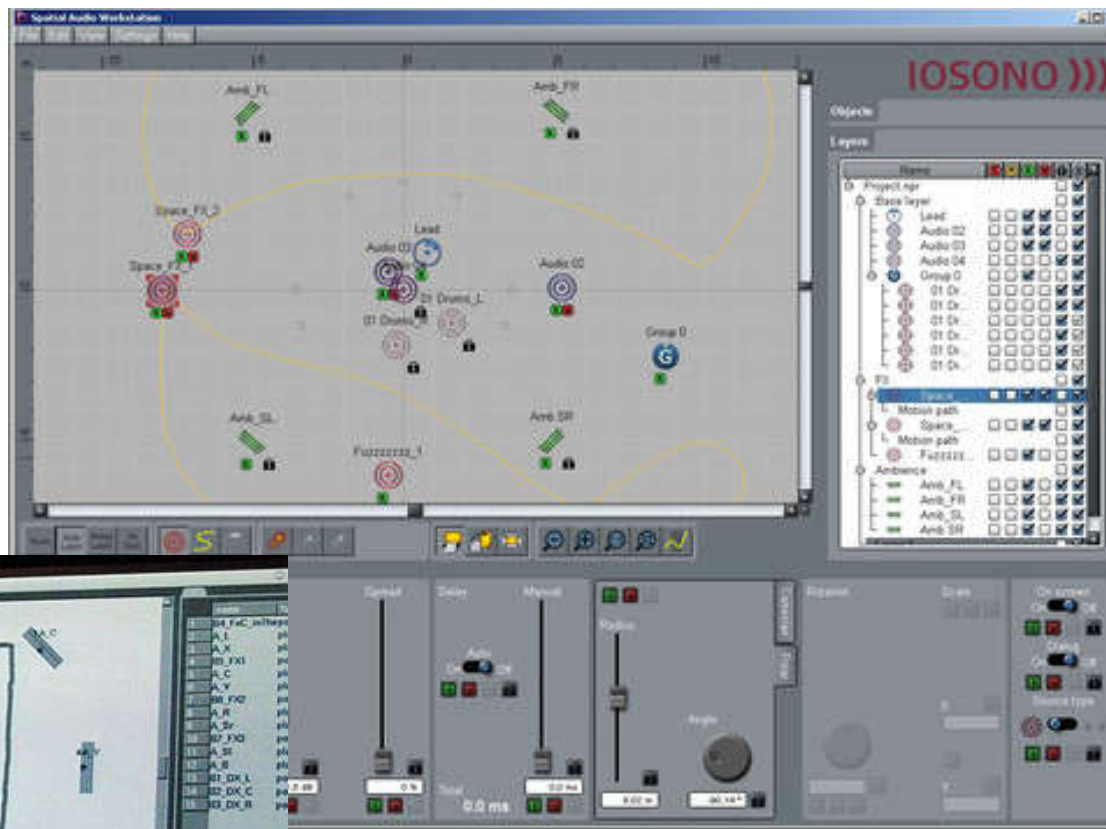
- Kombinationen der Wiedergabetechniken




- Einzelne Quellen + Stereophonie → Wellenfeldsynthese
– Erzeugung virtueller Räume in WFS (Faltung)
- Anwendung: „IOSONO: Spatial Audio Workstation“

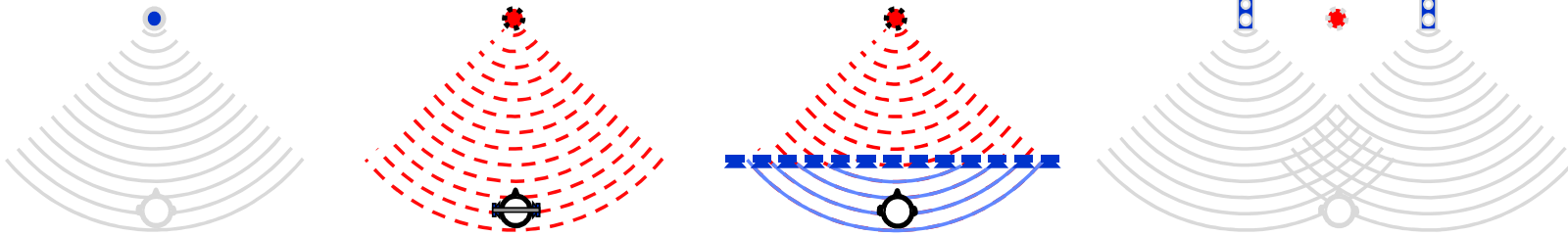
3D-Audio
Räumliches Hören
Räumliche Wieder-
gabetechniken
Einzelne Quellen
Stereophonie
3D-Stereo
WFS, HOA
Binaural
Kombinationen 

- IOSONO: Spatial Audio Workstation




3D-Audio
 Räumliches Hören
 Räumliche Wieder-
 gabetechniken
 Einzelne Quellen
 Stereofonie
 3D-Stereo
 WFS, HOA
 Binaural
 Kombinationen 

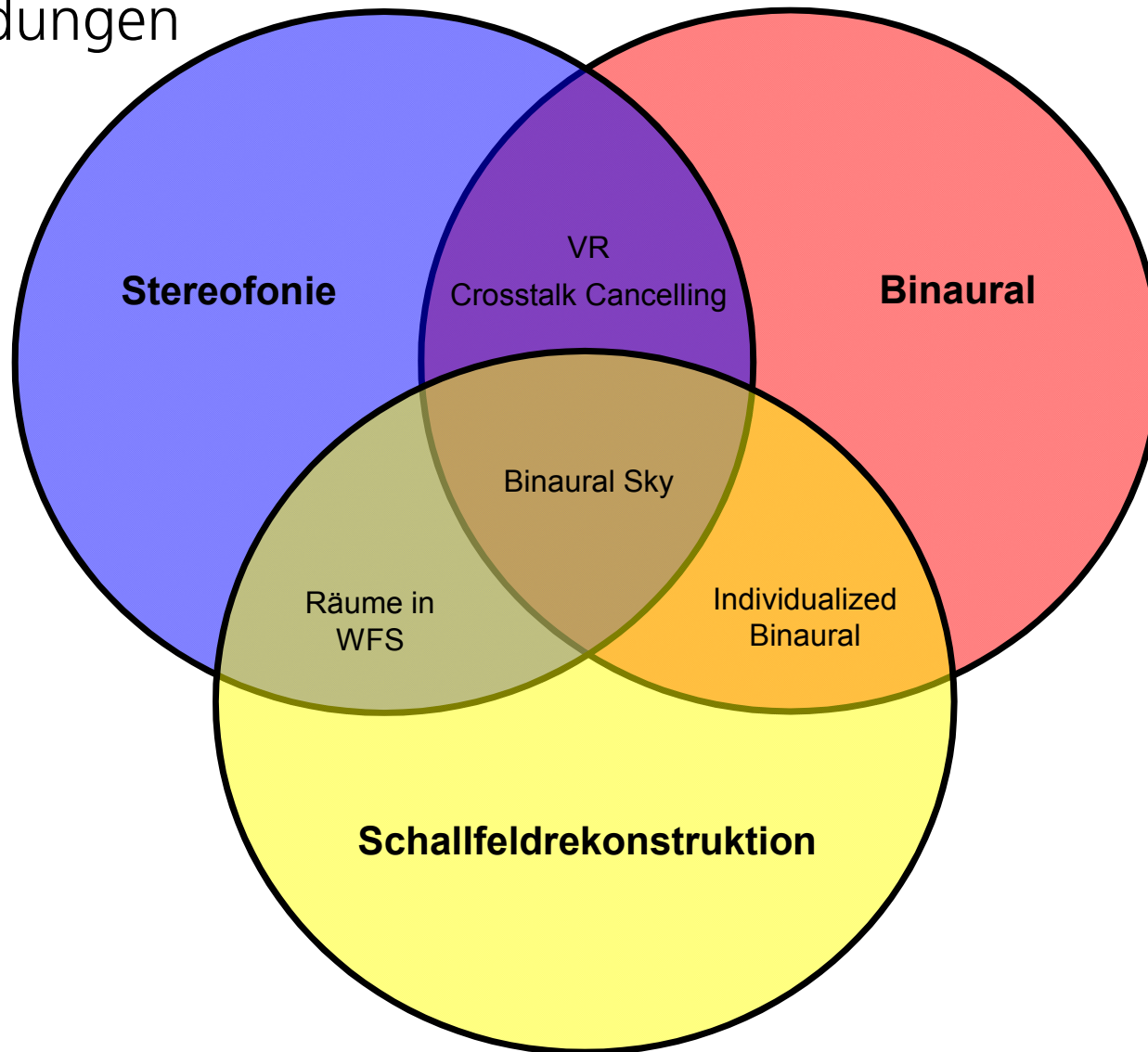
- Kombinationen der Wiedergabetechniken




- (Higher Order) Ambisonics → Binaural
 - Erzeugen beliebiger Schallquellenrichtungen in Binauraltechnik
- Anwendung: „Individualized Binaural“

3D-Audio
 Räumliches Hören
 Räumliche Wieder-
 gabetechniken
 Einzelne Quellen
 Stereophonie
 3D-Stereo
 WFS, HOA
 Binaural
 Kombinationen 

- Anwendungen



3D-Audio
Räumliches Hören
Räumliche Wieder-
gabetechniken
Einzelne Quellen
Stereofonie
3D-Stereo
WFS, HOA
Binaural
Kombinationen 

- Anwendungen von 3D
 - HiFi, Musikwiedergabe
 - Kino (mit 3D Sound)
 - Kunst (3D Installationen)
 - Telekommunikation (mehr räumliche Information → größere Datendichte)
 - VR:
 - Games
 - Internet Gadgets, z.B. Google Streetview, Spherical panoramas, Spherical Video Blogs
 - Virtual Reality Viewers, (Oculus)
 - Remote events (Public viewing, Remote band)

3D-Audio
Räumliches Hören
Räumliche Wieder-
gabetechniken
Einzelne Quellen
Stereofonie
3D-Stereo
WFS, HOA
Binaural
Kombinationen 