

Tontechnik AV3



Mehrkanalaufnahmetechnik: Möglichkeiten von Surround – Sound

Prof. Oliver Curdt
Audiovisuelle Medien
HdM Stuttgart

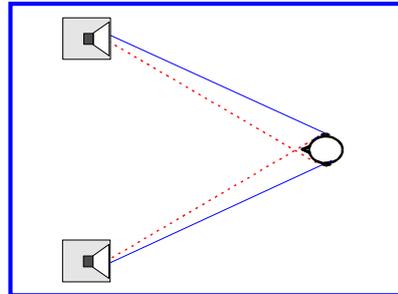
Stereoaufnahmetechnik



- Aufnahme, Übertragung, Wiedergabe eines Signals über zwei oder mehr unabhängige Kanäle
⇒ binaurales Hören

- Stereoverfahren (wiedergabeseitig)
 - raumbezogen (Lautsprecher)
 - kopfbezogen (Kopfhörer)
 - Probleme bei der Kompatibilität

Stereowiedergabe über Lautsprecher



- klangliche Einbußen bei Phantomschallquellen durch unerwünschtes „Übersprechen“
- Phänomen bei Downmixen

Prof. Oliver Curdt

Quelle: Joerg Wuttke, Firma SCHOEPS, Karlsruhe

Surround-Sound

- Unterschiedliche Grundlagen für mehrdimensionalen Klang
 - Verwendung psychoakustischer Kenntnisse
 - Lautsprecher -“Stereophonie“ (Bereiche erstellen)
 - Binaural Sky
 - Smyth Realizer / Binauralisierung
 - Brandenburg Labs

Prof. Oliver Curdt

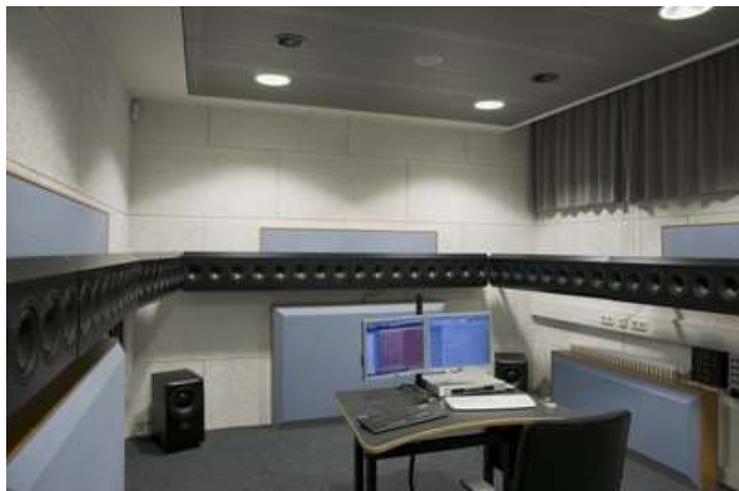
Surround-Sound

- Wellenfeldsynthese (**wavefield synthesis**)
 - Rekonstruktion des Schallfeldes
 - ursprünglich nur 2D

Prof. Oliver Curtt

Quelle: <http://www.eti.hfm-detmold.de/institut/ausstattung/wellenfeldsynthese>

Wellenfeldsynthese (Holophonie)



Prof. Oliver Curtt

Wellenfeldsynthese (Holographie)

- Huygens'sches Prinzip
 - Jeder Punkt einer Wellenfront ist Ausgangspunkt einer neuen Welle (*Elementarwelle*).
 - Neue Position der Wellenfront durch Addition der Elementarwellen.
 - Eine Wellenfront kann durch viele kleine Elementarwellen dargestellt werden.

Prof. Oliver Curtt

Wellenfeldsynthese (Holographie)

- akustischer Vorhang
 - Idee: Wand mit sehr vielen Löchern
 - perfekte Wahrnehmung des Schallereignisses durch die Wand
 - Ersetzen der Löcher durch Lautsprecher und Mikrofone
- ⇒ gleicher Effekt ⇒ perfekte Übertragung

Prof. Oliver Curtt

Wellenfeldsynthese (Holophonie)

■ Unterschiede

- akustischer Vorhang ↔ WFS
- real ↔ berechnet

■ Aufnahme getrennter Signale

- trockenes Monosignal der Schallquelle
 - Problematik beim Erstellen

Wellenfeldsynthese (Holophonie)

■ Ermittlung der Raumimpulsantwort

- Raumanregung über Dirac-Impuls oder Sweep
 - Alternative "historische" Techniken
- Aufzeichnung der Raumimpulsantwort
 - Nachhall und Frequenzgang für eine Position im Raum

Wellenfeldsynthese (Holophonie)

- Wiedergabe
 - Faltung von Monosignal und Raumsignal
 - komplette Rekonstruktion der Schallquelle im Raum
 - austauschbare Räume ... neue Möglichkeiten
 - künstliche Räume durch berechnete Raumimpulsantworten möglich

Prof. Oliver Curdt

Wellenfeldsynthese (Holophonie)

- Wiedergabe
 - Vergleich Faltung und Original
 - Reflexionen im Wiedergaberaum meiden !!!
 - Latenz ?

Prof. Oliver Curdt

Wellenfeldsynthese (Holophonie)

- Voraussetzungen
 - eigener Verstärkerkanal für jeden LS
 - individuelle Berechnung (Rendering-System)
 - Abstände der LS bestimmen Aliasing-Frequenz
- Auswirkung von Aliasing
 - Einbrüche im Frequenzgang je nach Position

Prof. Oliver Curtt

Wellenfeldsynthese (Holophonie)

- ideal: unendlich viele Elementarwellen
- real: möglichst viele Kanäle verwenden
 - \Rightarrow bis etwa 10 cm Abstand problemlos
- funktioniert gut, wenn Wellenlänge 4-5 mal so groß wie Lautsprecherabstände
 - \Rightarrow bei 30 cm Abstand bis ca. 1500 Hz gute Resultate

Prof. Oliver Curtt

Nachbildung des Schallfeldes



Prof. Oliver Curtt

Wellenfeldsynthese



Prof. Oliver Curtt

Akustische Aufnahmen

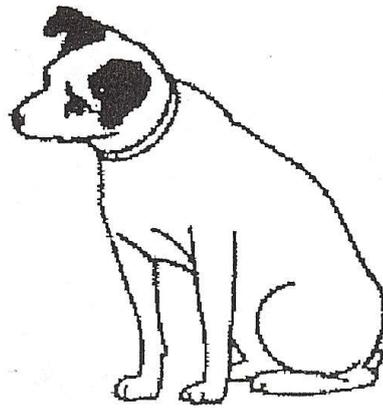
- generell erfordern alle guten Aufnahmen
 - gute Musiker und Inhalte
 - gute Raumakustik
 - gute technische Sachkenntnisse
 - gute technische Ausrüstung

Akustische Aufnahmen

- Möglichkeiten von Mehrkanalaufnahmen:
 - realistischer Eindruck von direktem Schall von vorne und hinten
 - Erstreflexionen und vorwiegend diffuser Schall von vorne und hinten
- Hauptmikrofon oder Polymikrofonie ???
 - guter Raum vorhanden ?

Quelle: Joerg Wuttke, Firma SCHOEPS, Karlsruhe

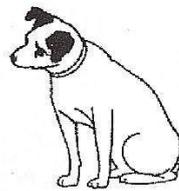
Prof. Oliver Curdt



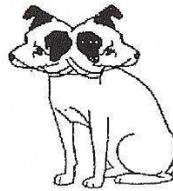
Quelle: Joerg Wuttke, Firma SCHOEPS, Karlsruhe

Möglichkeiten der Mehrkanalwiedergabe

© 1976 NEW SCIENTIST

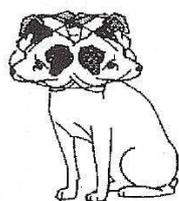


MONO

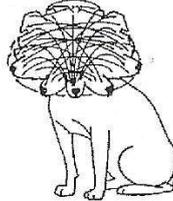


STEREO

1976 NEW SCIENTIST



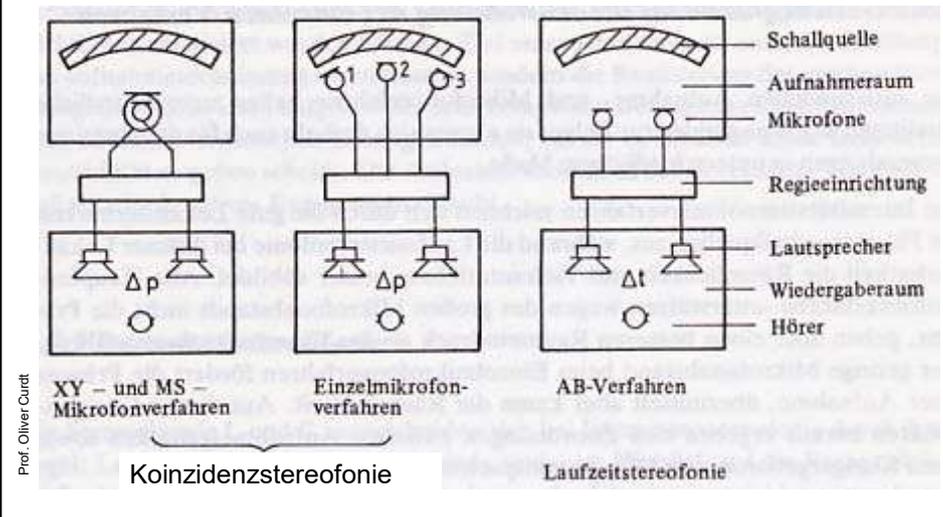
QUADRO



SURROUND....

Prof. Oliver Curdt

Stereoaufnahme-technik - Grundlagen



XY-Stereofonie

- Schall möglichst senkrecht auf gemeinsame Drehachse
- zwei Systeme mit gleichen Richtcharakteristiken für L und R (meistens Niere)



Koinzidenzstereofonie

- Stereopanorama durch Pegelunterschiede (L und R)
 - Koinzidenzverfahren (koinzidieren = zusammenfallen)
 - keine Laufzeitunterschiede
 - ⇒ keine Phasenunterschiede
 - ⇒ hohe Korrelation
 - ⇒ gute Monokompatibilität
 - gute Lokalisationsschärfe ($\pm 5^\circ$ möglich)

Prof. Oliver Curdt

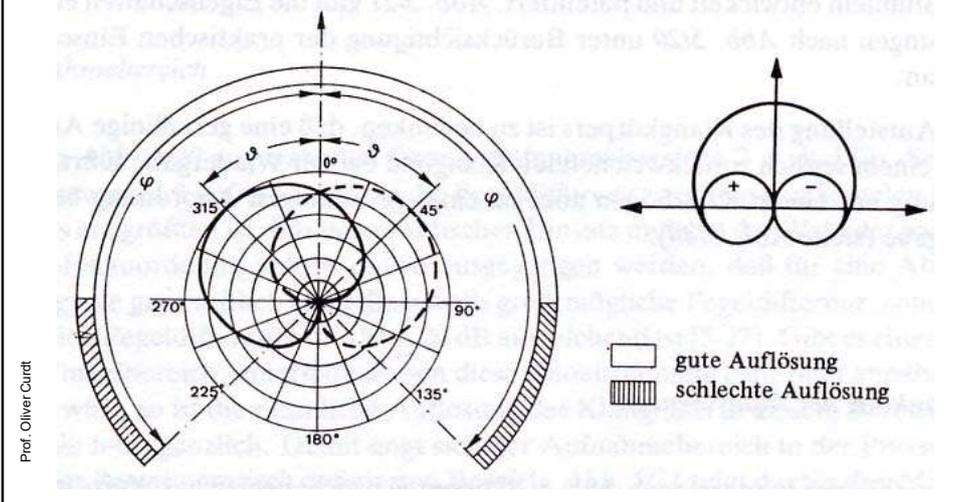
Quelle: Eberhard Sengpiel, www.sengpielaudio.com

Koinzidenzstereofonie / Begriffe

- Achsenwinkel (Öffnungswinkel):
 - gesamter eingeschlossener Winkel zwischen den Mikrofonachsen
 - Öffnungswinkel = $2 \cdot$ Versatzwinkel
- Aufnahmewinkel:
 - ideal: Winkel zwischen Mittelachse und ΔL_{\max}
 - unempfindlichste Ansprechrichtung der gegenüberliegenden Mikrofonkapsel
 - größte Pegeldifferenz zwischen den Mikrofonen L und R

Prof. Oliver Curdt

Koinzidenzstereofonie / Aufnahmebereich



Koinzidenzstereofonie / Begriffe

■ Aufnahmewinkel:

- real: Winkel zwischen Mittelachse und $\Delta L = 18 \text{ dB}$
(extreme links-rechts-Ortung = 100% Hörereignisrichtung der Lautsprecherbasis)

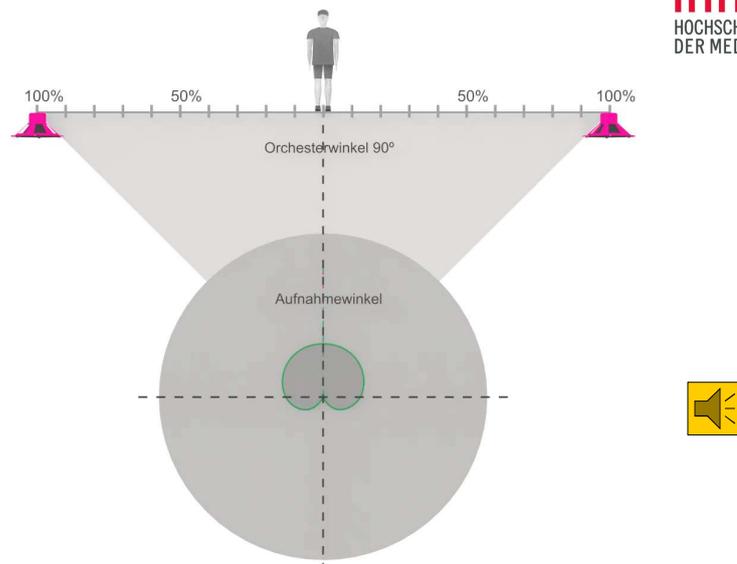
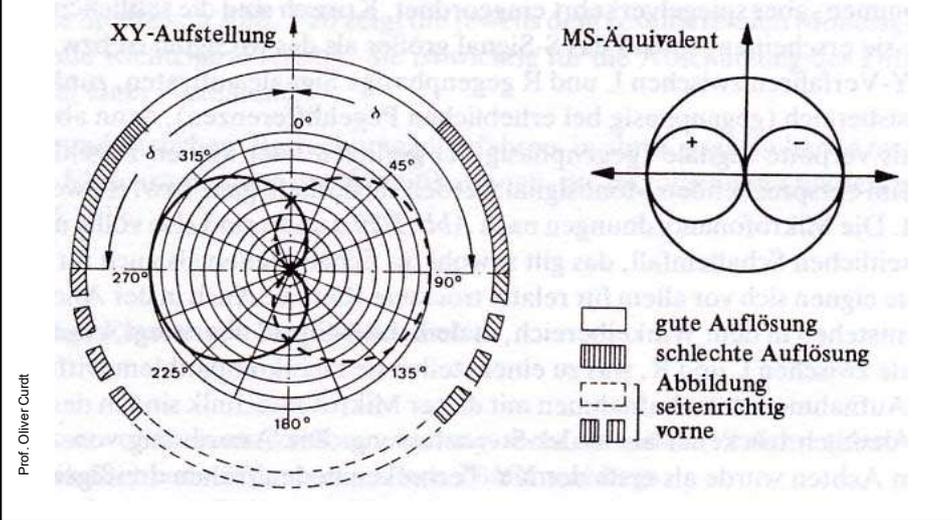
- \Rightarrow Winkelbereich, der wiedergabeseitig auf der Lautsprecherbasis wiedergegeben wird

■ wirksamer Aufnahmebereich

- $2 \cdot$ realer Aufnahmewinkel

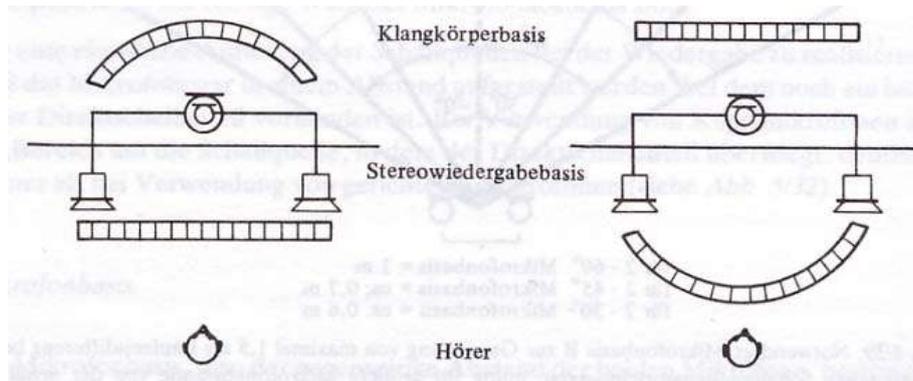


Koinzidenzstereofonie / Aufnahmebereich



Öffnungswinkel, Aufnahmebereich und Abbildung

Abbildung auf der Stereobasis



Prof. Oliver Curdtt

XY-Stereofonie

- ⇒ Neumann Contest 2003, C 6 (XY, verschiedene Öffnungswinkel) 
- Schwierigkeiten: Theorie – Praxis
 - Richtcharakteristiken der Mikrofone nicht ideal, sondern frequenzabhängig („Ausnahme“: Acht) ⇒ ungünstig für mittleren Aufnahmebereich (0°)
- Beispiel für Aufnahme mit XY „Cup Song“ 

Prof. Oliver Curdtt

MS-Stereofonie



Prof. Oliver Curdtt

mit Richtrohr für M-Signal

Standardvariante

MS-Stereofonie

- Richtcharakteristik für M (Mitte) wählbar, Ausrichtung auf Schallquelle (\Leftrightarrow XY-Verfahren)
 - sehr gute Monokompatibilität
- Richtcharakteristik für S (Seite) stets Acht, senkrecht (90°) zur M-Kapsel, mit der phasengleichen (positiven) Seite nach links ausgerichtet
- $L = M + S$; $R = M - S$
 \Rightarrow „Pseudostereo“ durch Matrizierung
 - Hilfsmittel beim Mastering
 - Neumann Contest 1998, A 4 (manuelle Matrizierung) 

Prof. Oliver Curdtt

MS-Stereofonie

- Pegel des S-Signals bestimmt Aufnahmewinkel und Breite des Stereopanoramas

⇒ Räumlichkeit beim Remix veränderbar 

- Bsp. Orchesteraufnahme

⇒ Neumann Contest 1998, C 8
(MS, Aufnahmewinkel) 

⇒ Neumann Contest 2003, C 13
(MS, versch. Richtcharakteristiken für M) 

Einzelmikrofonierung (Polymikrofonie)

- Beispiele Holzbläser „Klassik“

- MMW 

- Soundmedia 

- Beispiele „Jazz“

- SCHOEPS Showroom 

- Neumann Contest 2003, A 3 

Einzelmikrofonierung (Polymikrofonie)

- größte Nachbearbeitungsmöglichkeiten bei guter Signaltrennung mit wenig Übersprechen (>15 dB)

- | Lautstärke, Balance
- | Präsenz
- | Panorama
- | EQ, Effekt
- | Delay, Timing
- | Tonhöhe

- Beispiel: Beatles → Pingpong-Panorama



Mikrofonierung Bass-Drum

- verschiedene Mikrofonpositionen im Kessel



Einzelmikrofonierung (Polymikrofonie)

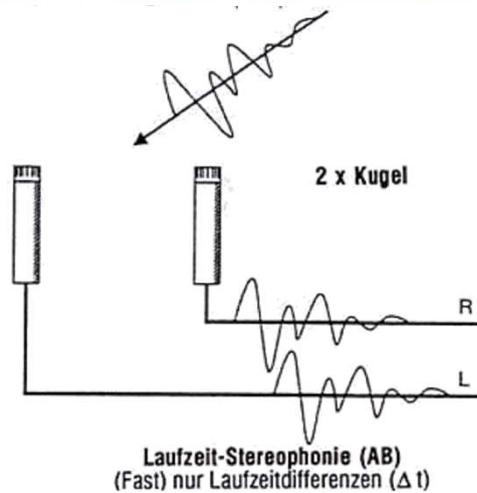
- hohe Flexibilität in der Postproduktion
 - stereo
 - surround
 - 3D-Audio
 - Fernsehen
 - ...

- Nachteil:
 - keine natürliche Tiefenstaffelung
 - „Perlschnurreffekt“

Prof. Oliver Curtt

Quelle: Eberhard Sengpiel, www.sengpielaudio.com

Laufzeitstereofonie



Prof. Oliver Curtt

Laufzeitstereofonie

- zeitliche Unterschiede zwischen L und R
- Gesetz der 1. Wellenfront in Kombination mit dem Haas-Effekt
 - $60 \mu\text{s}$ Laufzeitunterschied \triangleq 1 dB Pegelunterschied
- geringe entfernungsbedingte Pegelunterschiede, Minimierung durch Verwendung von Druckempfängern (Kugeln)
- Laufzeitdifferenz $\geq 1,5 \text{ ms}$ ($\triangleq 50 \text{ cm}$) für extreme L-R-Abbildung nötig (1 ... 2 ms, signalabhängig)

Prof. Oliver Curdt

Laufzeitstereofonie



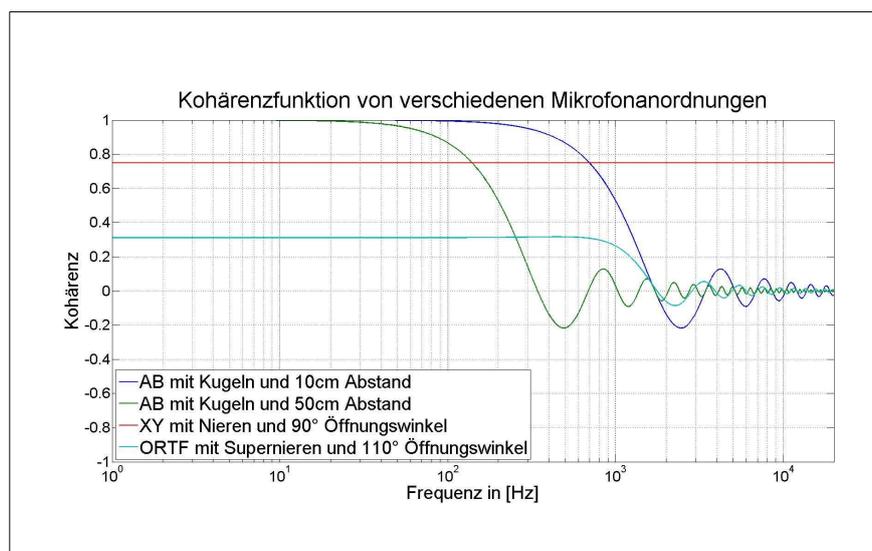
Prof. Oliver Curdt

Laufzeitstereofonie

- bessere räumliche Abbildung als bei Koinzidenzstereofonie
- schlechtere Lokalisation als bei Koinzidenzstereofonie
 - Phantomschallquelle erscheint ab $\Delta t > 1$ ms breiter und unschärfer
- Laufzeitunterschied $\hat{=}$ Phasendifferenz
- schlechtere Monokompatibilität als bei Koinzidenzstereofonie
- Panorama-Vergleich: Pegel \leftrightarrow Laufzeit 

Prof. Oliver Cürdt

Quelle: Helmut Wittek, Firma SCHOEPS, Karlsruhe;
übernommen von Riekehof et al., TMT 2010]



Laufzeitstereofonie

- winkellineare Anordnung der Schallquellen im Raum \Rightarrow nichtlineare Abbildung der Phantomschallquellen (Lautsprecherbasis)

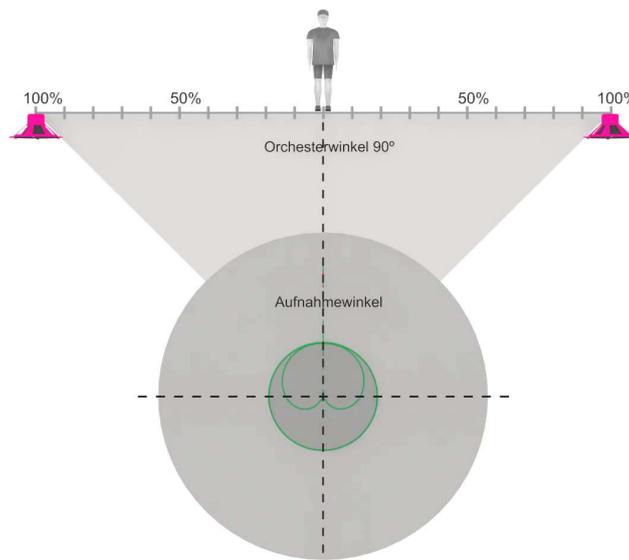
\Rightarrow Schallquellen werden zu weit außen abgebildet

- Wahl der Basisbreite spielt wichtige Rolle !!!

\Rightarrow Neumann Contest 2003, C 1

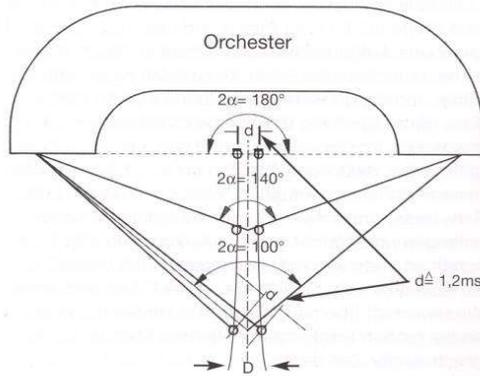


Prof. Oliver Curdt



Laufzeitstereofonie (AB): Mikrofonbasis \leftrightarrow Aufnahmebereich

Laufzeitstereofonie



$2\alpha =$ Aufnahmebereich

für gleiches ΔT größere Basisbreite in größerem Abstand von der Schallquelle nötig

1:3 - Regel
 → Basisbreite x 3
 \cong Abstand zum Ensemble

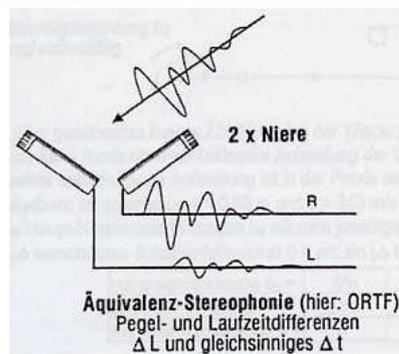
Prof. Oliver Cürdt

2α	60°	80°	100°	120°	140°	160°	180°
D/cm	76	60	50	44	40	38,5	37,5

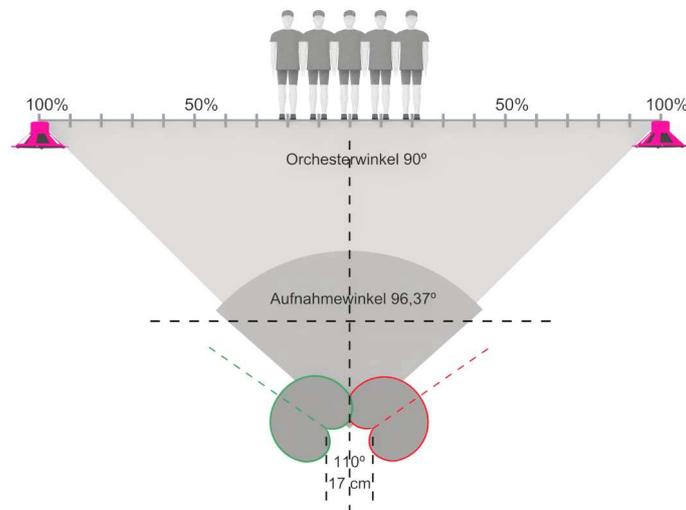
Gemischte Stereofonie

ORTF

- Office de Radiodiffusion
Télévision Francaise
- 17 cm Basisbreite
- 110° Öffnungswinkel
- 60 % Pegelunterschied
- 40 % Laufzeitunterschied
- max. Aufnahmebereich beträgt 96° für 100 % Lokalisation (Ausnutzen der vollen Basisbreite)



Prof. Oliver Cürdt



ORTF: Abstand Bühnenkante ↔ Abbildung

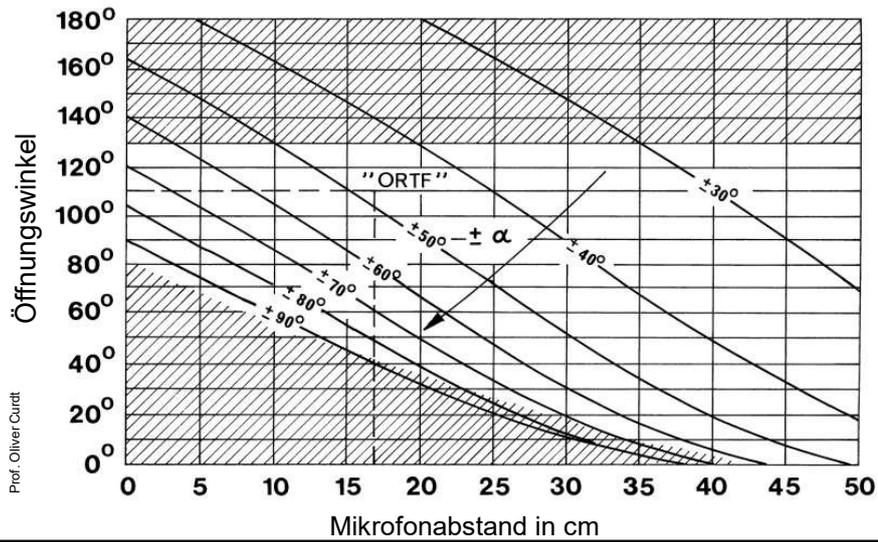
Gemischte Stereophonie

■ NOS

- **N**ederlandsche **O**mroep **S**tichting
- 30 cm Basisbreite
- 90° Öffnungswinkel
- 42 % Pegelunterschied
- 58 % Laufzeitunterschied
- max. Aufnahmebereich 81° für 100 % Lokalisation (Ausnutzen der vollen Basisbreite)

Quelle: Joerg Wuttke, Firma SCHOEPS, Karlsruhe

Williams Diagramme für Nieren



© Carlos Albrecht

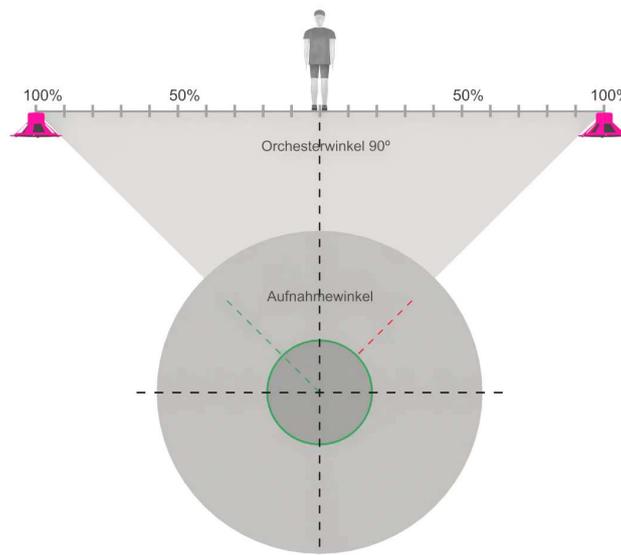
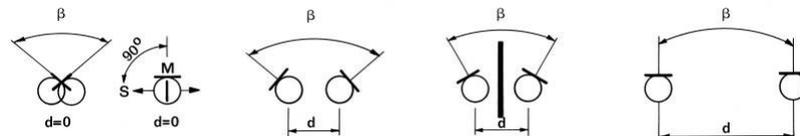


Abbildung mit verschiedenen Charakteristika

Abstand d und Hauptachsenwinkel β



XY MS

koinzident

Äquivalenz-
p.ex ORTF

Trennkörper-
Stereofonie

A-B

----- Abstand d zwischen den Mikrofonen ----->>

<<----- Lokalisationsschärfe -----

----- Räumlichkeit ----->>

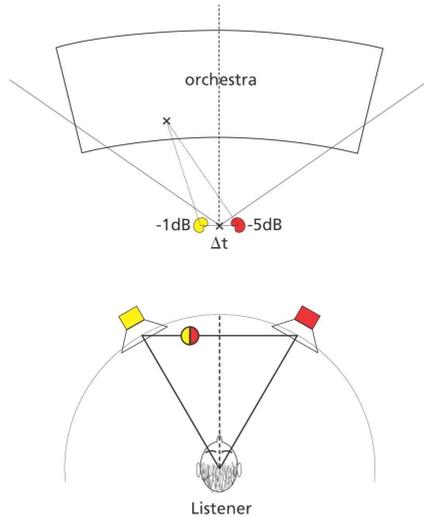
Prof. Oliver Curtit

„Surround“ - Überlegungen

- unterschiedliche Schwerpunkte bei 5.1 bzw. 5.0 für Musik und Film / Video
- Center-Kanal im Kino unerlässlich
 - Sprache
- Center-Kanal bei Musik
 - eher stabilisierende Funktion, ggf. Verfärbungen
 - Nachteile: ggf. weniger Tiefenstaffelung z. B. bei Klassik, Klangbild zerfällt

Prof. Oliver Curtit

Phantomschallquellen

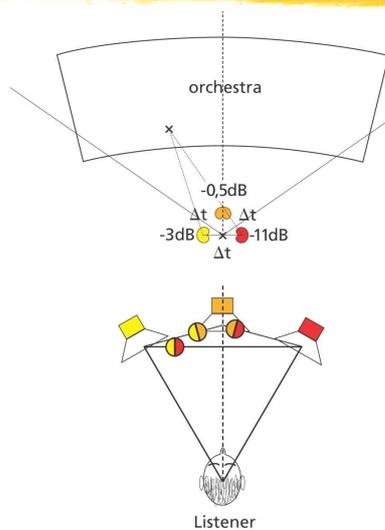


Aufnahme und
Wiedergabe

Verhältnisse bei
Zwei-Kanal-Stereo

Prof. Oliver Curdtt

Phantomschallquellen mit Center



Aufnahme und Wiedergabe

Verhältnisse bei drei Front-
Kanälen mit „crosstalk“
⇒ Klangfarbe ??? !!!

Niere für L, R, C

Vorteile des C-Kanals

Prof. Oliver Curdtt

Surround – Überlegungen

- Center-Lautsprecher bringt Unterstützung genau dort, wo das menschliche Ohr am genauesten lokalisieren kann.
- „Wenn die Abschaltung des Center-Kanals keinen nennenswerten Qualitätsverlust bewirkt, sollte niemand überrascht sein, wenn keine Vorteile gegenüber Stereo festgestellt werden.“

Surround – Abhörkompatibilitäten

- Theorie und Praxis:
Conventions – Heim – Wiedergabe
 - Panorama (Kino vs. Fernseher)
 - Subwoofer ↔ LFE
 - Dynamik
- Konsument
 - evt. unterschiedl. Speaker für L, C, R
⇒ „Center-Management“, ca. 60-70% über Center, Rest über L + R

Surround – Abhörkompatibilitäten

- LFE vorhanden?
 - Umgang „defizil“ !!!
 - für Musik häufig nicht zwingend nötig
 - Mix auch ohne LFE ausreichend „Bass“
 - ⇒ ohne LFE mischen, dass Bass gerade so ok, dann mit LFE und Bass, bei Bedarf anklicken
 - bei Kinoanwendung:
 - mehr Energie in den Raum leiten
 - keine Erweiterung zu tieferen Frequenzen

Prof. Oliver Curdt

Signal für Surroundkanäle

- Ziel: realistische „Umhüllung“
 - Diffusschall
 - Reflexionen
 - Korrelation vorne ⇔ hinten
 - impulshaltige Signale evt. problematisch

Prof. Oliver Curdt

Signal für Surroundkanäle

- direkte Signale bei Klassik meist unerwünscht
 - Lokalisation durch Präzedenzeffekt
 - wichtigste Ereignisse in Blickrichtung
 - Einsatz von Delays
 - EQ

Zielsetzungen für Surround

- klass. Musik: möglichst realistische Simulation einer Konzertsituation
 - Ensemble vorne
 - Raumeindruck von der Seite und von hinten
- bildbezogen (z. B. Film und Fernsehen)
 - unauffällig
 - kompakt
- gute Kompatibilität zu stereo und mono
- möglichst großer Sweet-Spot

Signal für Surroundkanäle ?

- Auswirkung auf Frontkanäle (Hallanteile)
- Warum Klassik ???
- Beispiele
 - Konzertflügel 

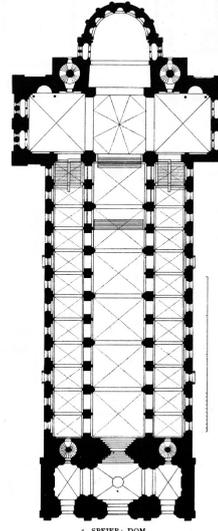
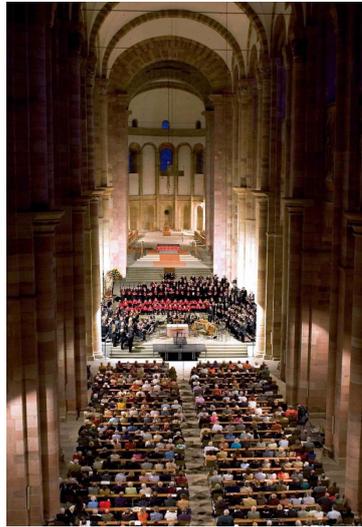
Prof. Oliver Curtt

Signal für Surroundkanäle ?



Prof. Oliver Curtt

Signal für Surroundkanäle ?



Prof. Oliver Curdt

„Zutaten“ für Surround

■ Beispiel: Dom Speyer, Chor und Orchester

- 🔊 ■ Summe → Beifall 🔊
- 🔊 ■ Surround → Beifall 🔊
- 🔊 ■ AB Kugel → Beifall 🔊
- 🔊 ■ AB Niere → Beifall 🔊
- 🔊 ■ Streicherstützen → Beifall 🔊
- 🔊 ■ Chorstützen → Beifall 🔊

Prof. Oliver Curdt

Realisation über Mikrofonierung

- L, R, LS, RS mit fester Atmo-Anordnung
 - Stützmikron(e) für C
- vollständiges, fixes System für alle 5 Kanäle
- Kombination von zwei oder mehreren Surround-Anordnungen
- LFE-Kanal bei Surround-Mikrofonie normalerweise unberücksichtigt

Prof. Oliver Curtt

Quelle: Joerg Wuttke, Firma SCHOEPS, Karlsruhe

Weitere Pläne für Surround-Sound ?

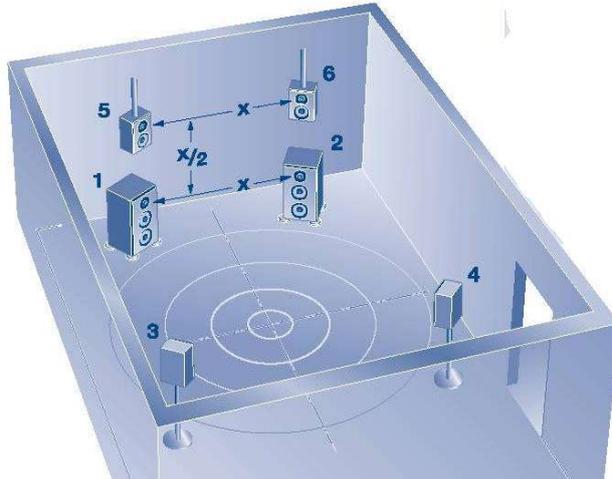
Formatfrage ... ???



Prof. Oliver Curtt

Quelle: Joerg Wuttke, Firma SCHOEPS, Karlsruhe

2+2+2 nach Dabringhaus



Prof. Oliver Curdt

Quelle: http://www.mixagefou.com/mixagefou2012/auro_3d.jpg

Auro3D



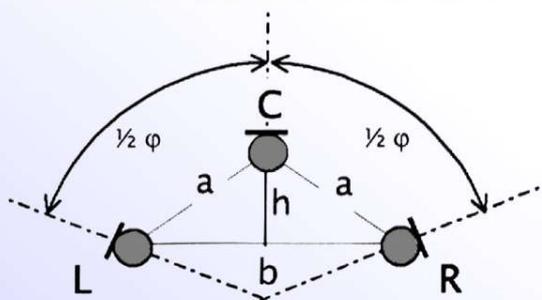
Prof. Oliver Curdt

10.2 nach Tom Holman



Prof. Oliver Cürdt

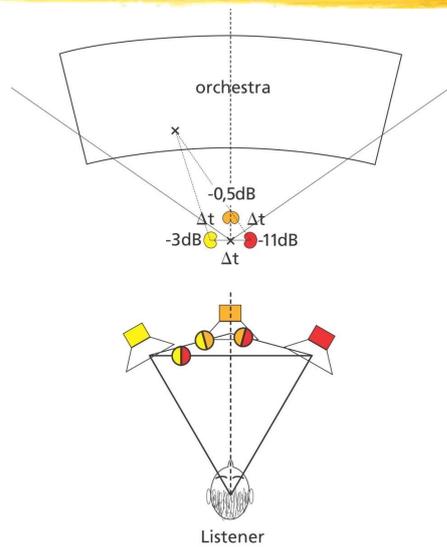
INA 3



“Ideale Nieren-Anordnung”

L-C und C-R decken jeweils 1/2 Aufnahmebereich ab
Aufnahmewinkel durch Mikrofonabstand einstellbar

Phantomschallquellen mit Center



Aufnahme und Wiedergabe

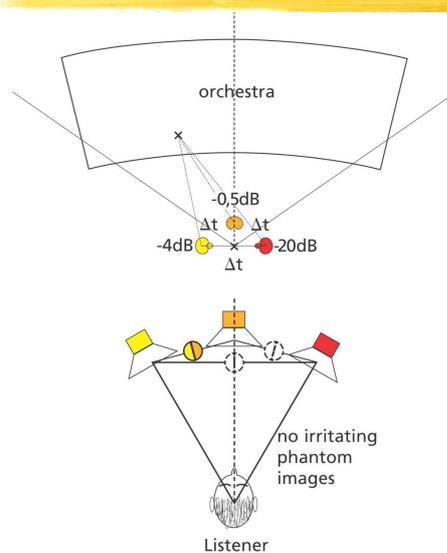
Verhältnisse bei drei Front-Kanälen mit „crosstalk“
→ Klangfarbe !!!

Niere für L, R, C

Vorteile des C-Kanals

Prof. Oliver Cürdt

Phantomschallquellen mit Center



Aufnahme und Wiedergabe

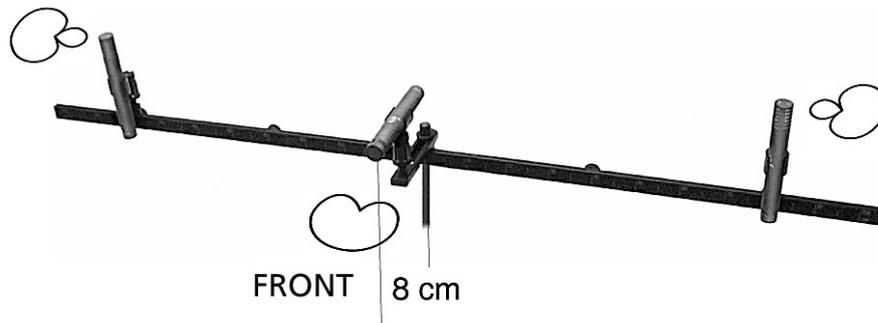
Verhältnisse bei drei Front-Kanälen ohne "crosstalk" (OCT)

C ----- **Niere**

L, R ----- **Superniere**

Prof. Oliver Cürdt

OCT array (Optimized Cardioid Triangle)

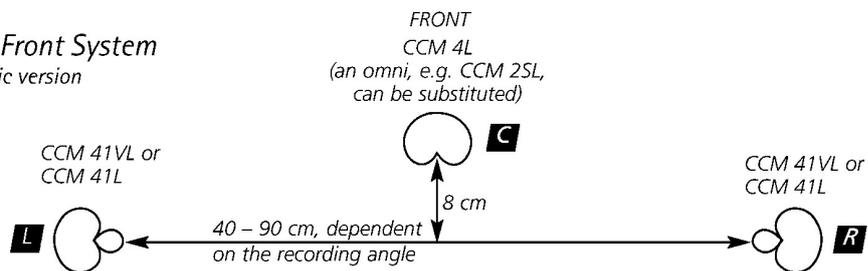


Prof. Oliver Curdtt

OCT-Array mit zwei Supernieren (MK41V) und einer Niere (MK4)

OCT array (Optimized Cardioid Triangle)

OCT Front System
basic version

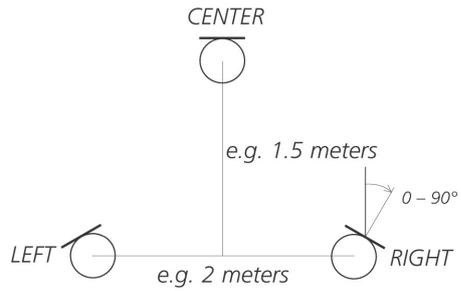


- Pegel- und Laufzeitdifferenzen (gemischtes Verfahren)
- gute Trennung zwischen L, C und R
- Aufnahmewinkel abhängig von Abstand zwischen L und R

Prof. Oliver Curdtt

Decca-Tree (Dreipunkte-Verfahren)

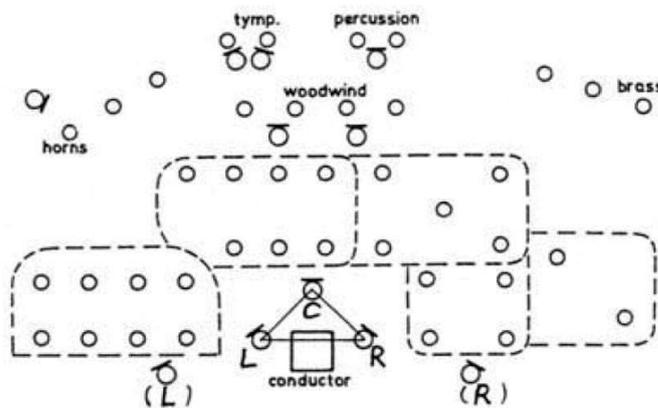
- bewährtes Verfahren für Laufzeitstereofonie, gleichseitiges Dreieck mit Kantenlänge $\approx 1,5$ m
- ursprünglich nicht für surround gedacht
- drei Kugeln, häufig mit "Kugel-Aufsatz"



Prof. Oliver Curtt

Decca-Tree (Dreipunkte-Verfahren)

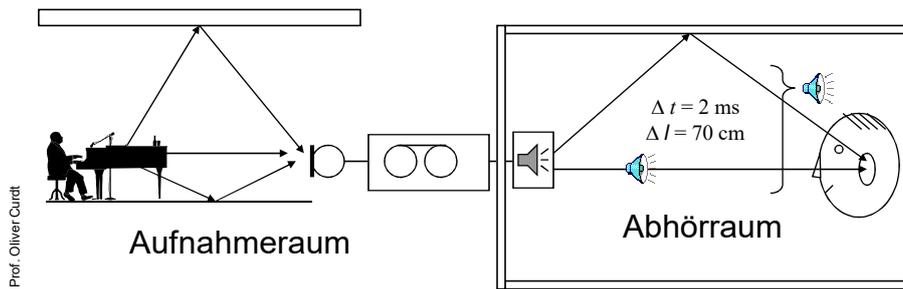
Abstand von C zur LR-Achse 0,8 ... 1,2 m



Prof. Oliver Curtt

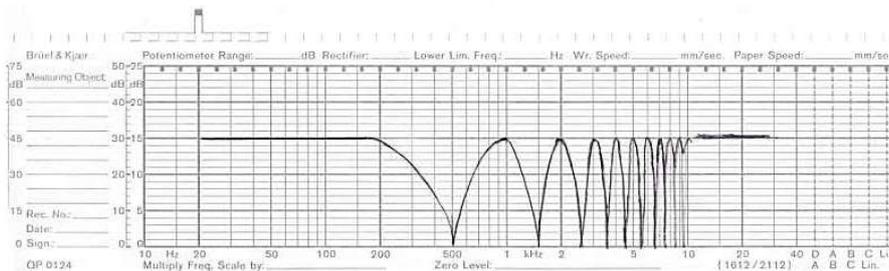
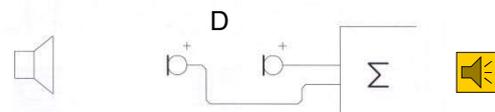
Kammfiltereffekt

- Pseudoreflexionen durch Stützmikrofone
 - „Verbreiterung“ des Einschwingvorganges
 - klangliche Verfälschungen, Kammfiltereffekte



Quelle: Joerg Wuttke, Firma SCHOEPS, Karlsruhe

Kammfiltereffekt



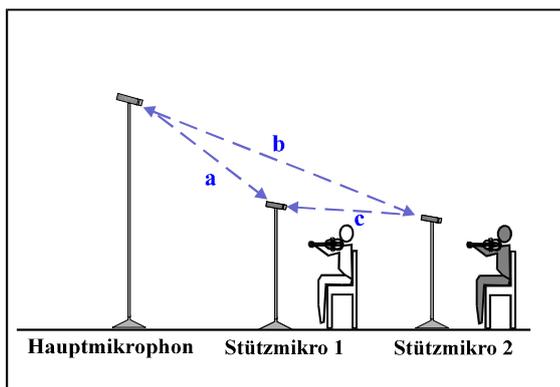
D = 34 mm (1.32")	5000	15000	
D = 34 cm (13.2")	500	1500	Hz
D = 3.4 m (11')	50	150	1000

Beispiele mit und ohne Delay

- Live Konzert 
- Tennis 
- Fernsehansage 
- Bezugspunkt ?

Prof. Oliver Curtt

Einstellung der Delay-Werte



systematischer Aufbau

Wahl geeigneter Mikrofone

Verhältnis:
Nutzsignal – Übersprechen

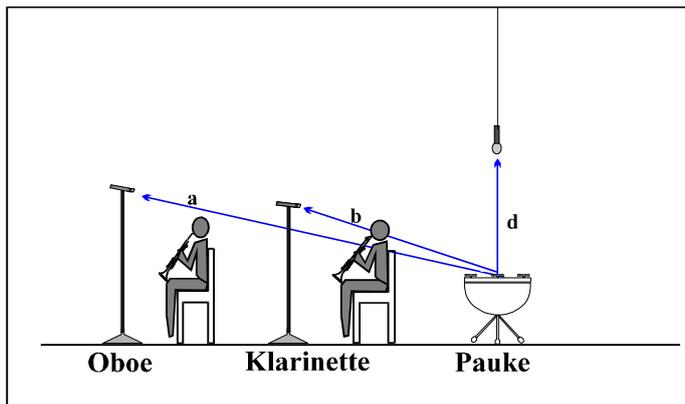
3:1 Regel bei
Mikrofonabständen

1:3 bei Basisbreite AB und
Abstand zum Ensemble

Dreieckskonfiguration von Mikrofonen - vertikal

Prof. Oliver Curtt

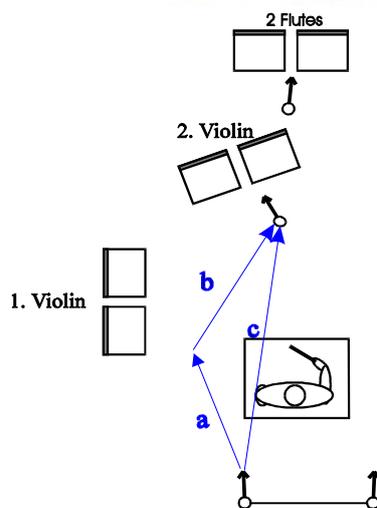
Einstellung der Delay-Werte



 Delaymessung

Laufzeitkompensation bei der Pauke

Einstellung der Delay-Werte



Dreieckskonfiguration
von Mikrofonen -
horizontal

Parameter:
Pegel / Übersprechen,
Klangfarbe

Gemischte Stereophonie

Musikaufnahmen mit Haupt- und Stützmikrofonen

Prof. Oliver Curdt

Stützmikrofone ohne Delay

Stützmikrofone mit Delay

Haupt - Mikrofon

Stütz - Mikrophone

Problematik: „sechsfache“ Abbildung der Pauke
 ⇒ Pegel / Übersprechen, Klangfarbe

Quelle: Joerg Wuttke, Firma SCHOEPS, Karlsruhe

INA 5 mit 5 Nieren

Prof. Oliver Curdt

mit
 $a=b=c=17,5\text{cm}$
 $d=e=59,5\text{cm}$

frontaler Aufnahmewinkel von 180°

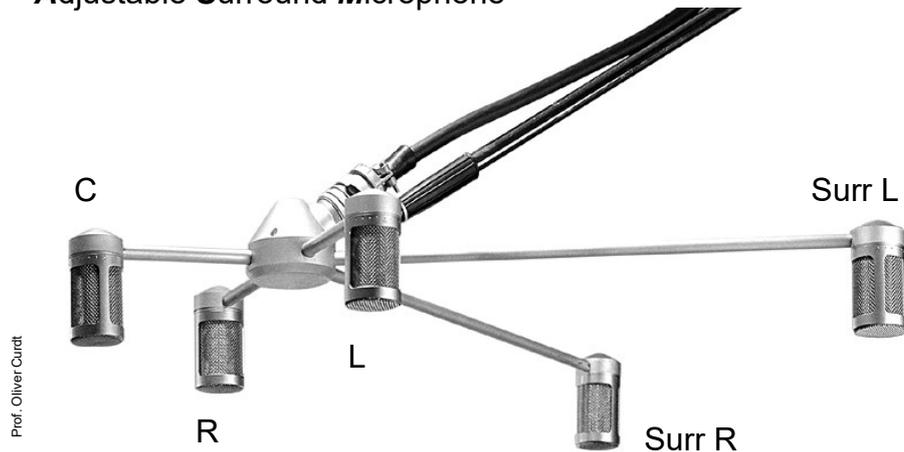
nach Henkels & Herrmann,
 basiert auf Williams (MMAD)

INA 5 5xQ (Henkels&Herrmann)

Quelle: Joerg Wuttke, Firma SCHOEPS, Karlsruhe

ASM 5 Mikrofon

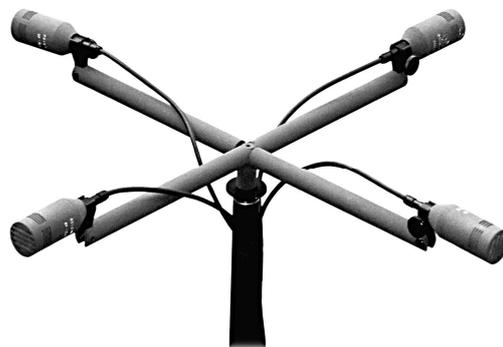
Adjustable Surround *M*icrophone



Quelle: Joerg Wuttke, Firma SCHOEPS, Karlsruhe

IRT-Kreuz

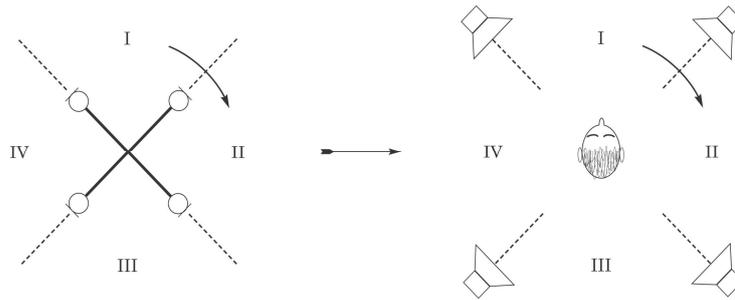
IRT-Kreuz mit
vier Nieren



kein Centerkanal !!!

IRT-Kreuz

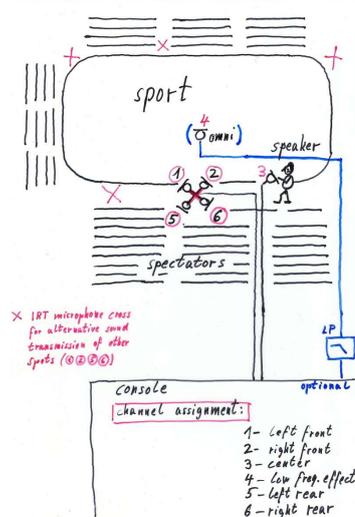
Funktion des IRT-Kreuzes als Ambience-Mikrofon



Prof. Oliver Curtt

IRT - Kreuz

IRT-Kreuz im Einsatz bei einer Sport-Übertragung



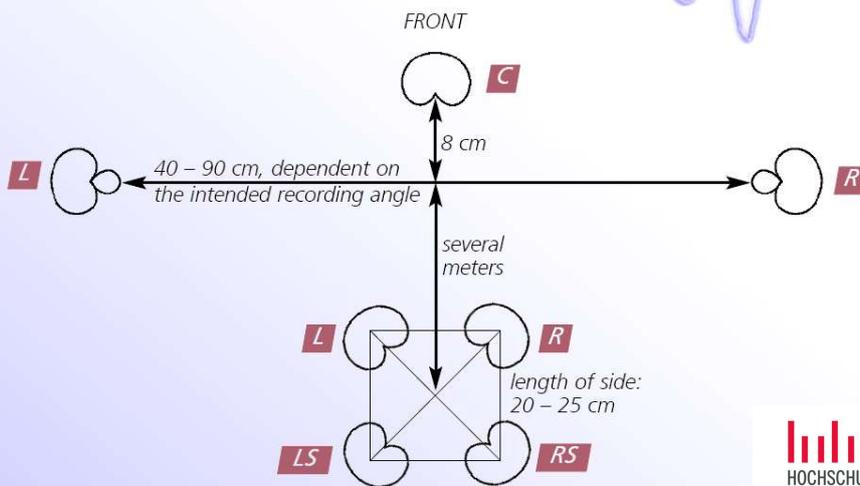
Prof. Oliver Curtt

IRT-Kreuz

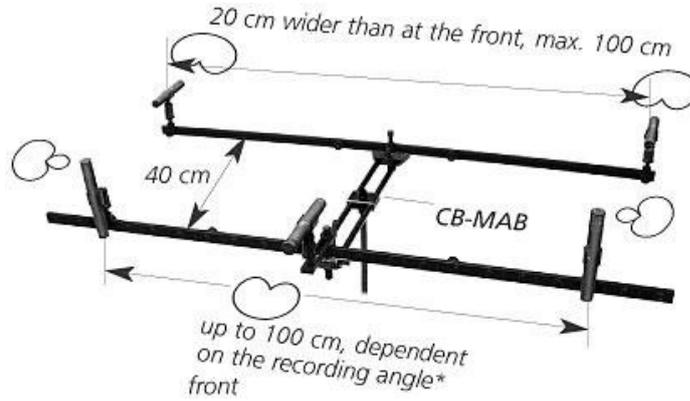


Prof. Oliver Cuidt

OCT + IRT-Kreuz



OCT Surround Setup

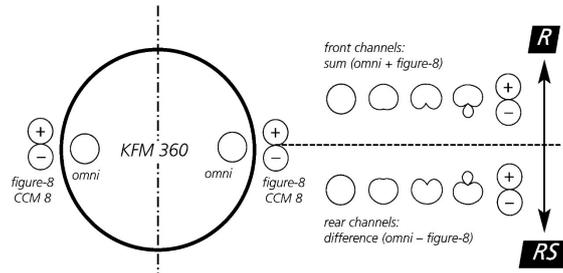


Prof. Oliver Curtt

OCT-Array mit zwei Supernieren (MK41V) und einer Niere (MK4)
Surroundkanäle über zwei nach hinten gerichtete Nieren

Surround-Kugelflächenmikrofon KFM 360

Prinzip des KFM 360



digitaler Prozessor

Prof. Oliver Curtt

Quelle: Joerg Wuttke, Firma SCHOEPS, Karlsruhe



Trennkörperstereofonie



Charlin, 1954



SCHOEPS
1955



Clara

Prof. Oliver Curdtt



Jecklin



KFM 6

Quelle: Joerg Wuttke, Firma SCHOEPS, Karlsruhe



Surround-Kugelflächenmikrofon KFM 360

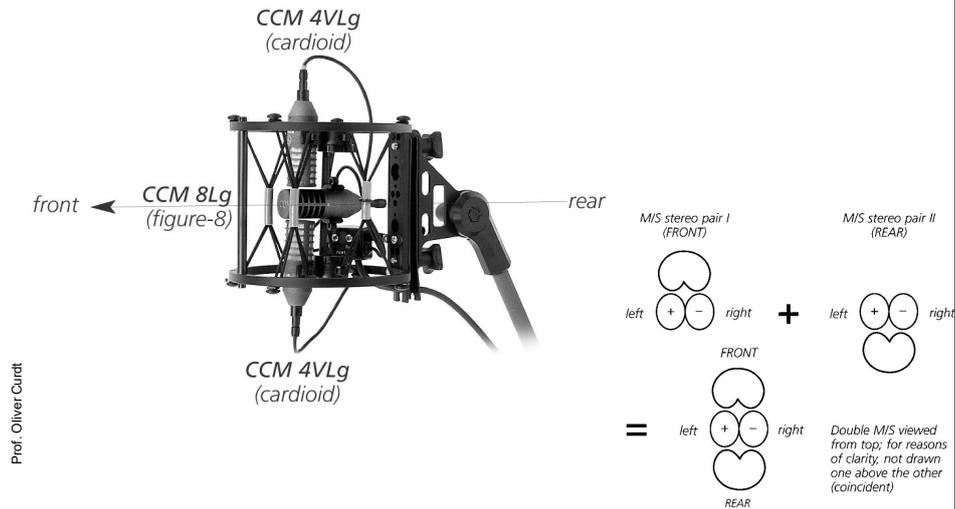


Centerkanal durch Addition der
beiden Frontkanäle (L + R)

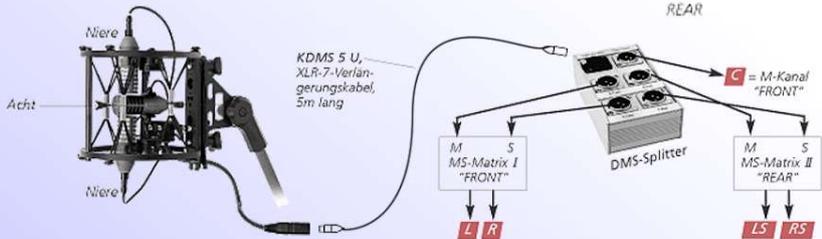
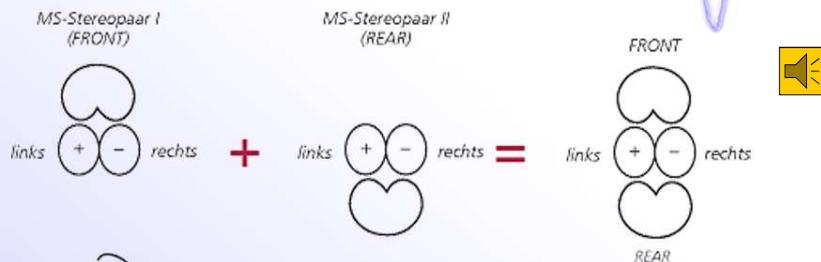
LFE unberücksichtigt

Prof. Oliver Curdtt

Prinzip der doppelten MS-Technik



Doppel-MS



Centerkanal = „vordere“ Niere

Surround-Kriterien

Ziel	Prinzip	mögliche Probleme
Eindrucksvolle Effekte	"Tools"	Informationsverlust wenn nicht alle Kanäle genutzt werden
sehr kompatibel - etwaiger Kanal-Ausfall stört kaum	Surround- Prozessor (Matrix)	wenig interessant
Befriedigung hoher künstlerischer Ansprüche	Polymikrofonie	Geschmacksache
natürlicher Klang	wissenschaftlich basiert + Delays für etwaige Stützmikrofone	oft mit der Gefahr einer kleinen Hörzone verbunden ("sweet spot")

Prof. Oliver Curtt

Bemerkung: Die beiden unteren Zielsetzungen lassen sich gut kombinieren aber die beiden oberen widersprechen einander

Vergleich versch. Surround-Systeme



Prof. Oliver Curtt

Problematik der Positionierung

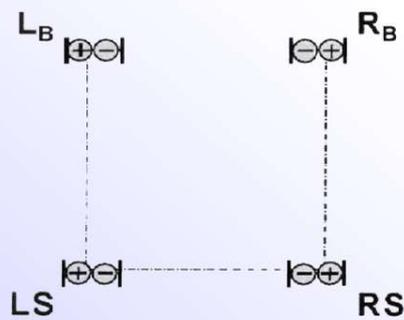
Vergleich versch. Surround-Systeme



Prof. Oliver Curtt

Aufnahme des Schubert-Oktetts mit 4 Surround-Hauptmikrofonen

Hamasaki-Quadrat

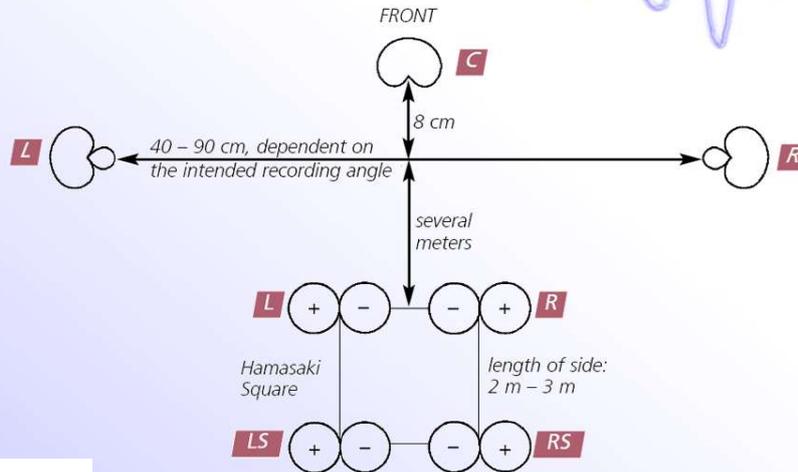


Seitenlänge ca. 2 m

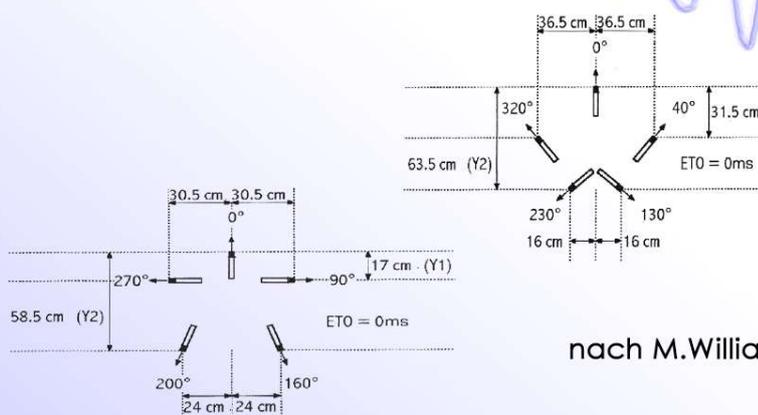
Position ca. 5 m hinter Hauptmikrofon

Direktschall wird optimal ausgeblendet

OCT + Hamasaki-Quadrat



Multi-Microphone Array



nach M. Williams

Ansatz: Aufteilung des
360°-Raums in 5 gleich große Sektoren

Soundfield



Basiert auf der Ambisonic-Theorie

Signal der Tetraederkapsel = A-Format

Matrizierung durch Prozessor
in B-Format



HOCHSCHULE
DER MEDIEN

Soundfield – Mikrofonie



HOCHSCHULE
DER MEDIEN

- Ansatz: Abbildung eines Raumes in drei Ebenen
 - X-Achse (vorne – hinten \triangleq Tiefe)
 - Y-Achse (links – rechts \triangleq Seite)
 - Z-Achse (oben – unten \triangleq Höhe)
 - Referenzpunkt W (\triangleq Raumpunkt + tiefe Frequenzen)
 - Ort, von dem aus der Raumklang aufgezeichnet wird
- 4 Kapseln (Ausrichtung muss bekannt sein)
 - 4 Nieren oder 3 Achten + Kugel
- Kapselabstände durch elektronische Kompensation auf den Mittelpunkt des Tetraeders interpoliert
 - ⇒ Koinzidenz bis ca. 10 kHz

Prozessor oder Plugin



Prof. Oliver Curtt

Soundfield

■ A-Format:

- 1: Front Left Up (FLU)
- 2: Front Right Down (FRD)
- 3: Back Left Down (BLD)
- 4: Back Right Up (BRU)

■ B-Format:

- W Raum = FLU + FRD + BLD + BRU
- X vorne-hinten = FLU + FRD – BLD – BRU
- Y links-rechts = FLU – FRD + BLD – BRU
- Z oben-unten = FLU – FRD – BLD + BRU

Prof. Oliver Curtt

Ambisonics – Theorie

- Übertragungsverfahren zur Aufnahme und Wiedergabe (Repräsentation) eines Schallfeldes
- Entwicklung in den 1960er und 1970er Jahren in Großbritannien
 - Michael A. Gerzon und Peter Fellgett
- szenenbasiertes Übertragungsverfahren
 - ⇔ kanalbasiert
 - ⇔ objektbasiert
- viele Jahre nicht etabliert und allgemein eher unbekannt

Prof. Oliver Curtt

Ambisonics – Theorie

- unabhängig von einem bestimmten Wiedergabesystem
- Größe des Wiedergabesystems skalierbar
 - mono ⇒ stereo ⇒ surround ⇒ 3D-Audio inkl. Höheninformation
- Erzeugung der Lautsprechersignale erst bei der Reproduktion
 - Schallfeld kann auf einem gegebenen Wiedergabesetup abgespielt werden
 - ⇒ Wiedergabeformat muss bei der Aufnahme nicht bekannt sein

Prof. Oliver Curtt

Ambisonics – Grundkonzept

- Konfiguration des Wiedergabesetups als Voraussetzung für die Dekodierung
- Schallfeldkomponenten, Lautsprecherpositionen und gesuchte Lautsprecher-signale ergeben ein lösbares Gleichungssystem
- freie Gestaltung des Lautsprecher-Setups möglich
 - Voraussetzung: Anzahl der Lautsprecher mindestens so hoch wie die Anzahl der Wiedergabekanäle, damit Gleichungssystem lösbar

Prof. Oliver Cürdt

Ambisonics – Grundkonzept

- Dekodierung sowohl für reale Lautsprecher als auch virtuelle Lautsprecher möglich
 - z. B. für binaurales Rendering

Prof. Oliver Cürdt

Ambisonics – Theorie

- Ambisonics
 - alle Lautsprecher bei der Synthetisierung des Schallfeldes beteiligt

- Vector Based Amplitude Panning (VBAP, Prof. Ville Pulkki)
 - Aufteilung des Quellsignals zwischen drei Lautsprechern

Ambisonics – Grundkonzept

- vollständiger, hierarchischen Ansatz für Aufnahme, Speicherung, Verbreitung und Wiedergabe einer Audioszene

- je höher die Kanalanzahl des Wiedergabesystems desto genauer die Reproduktion der Raumdimensionen des Schallfeldes

- Anzahl der benötigten Kanäle = $(m+1)^2$
 - Ordnungszahl m

Ambisonics – Ordnungszahl

- je höher die Ordnungszahl
 - desto mehr Übertragungskanäle nötig
 - desto präziser die Richtungsabbildung
 - desto mehr sphärische Harmonische (räumliche Harmonische) vorhanden, um das Schallfeld zu beschreiben
 - desto größer der Sweetspot (korrekt rekonstruiertes Schallfeld)
 - Sweetspot bei FOA etwa Größe eines Tennisballs

Prof. Oliver Cürdt

HOA (Higher Order Ambisonics)

- Erhöhung der Ordnung der zur Beschreibung des Soundfeldes verwendeten Kugelflächenfunktionen
- Erhöhung der Kanalzahl
- Verbesserung der Lokalisierung
- Vergrößerung der Hörzone
- grundsätzlich gut geeignet für VR
- Qualität und Kosten



Prof. Oliver Cürdt

HOA (Higher Order Ambisonics)



Prof. Oliver Curtt

Abbildung 8: MH Acoustics em32 Eigenmike® (links) und VisiSonics S/64 Audio Visual Camera (rechts) in relativen Größenverhältnissen (Bildquellen: https://mhacoustics.com/sites/default/files/s1_0.jpg, <http://visisonics.com/wp-content/uploads/2014/09/newcamera.jpg>)

Ambisonics – Grundkonzept

- grundlegender Ansatz: Vergleich einer aufgenommenen Schallwelle (Referenzwelle) mit der durch einen Lautsprecher synthetisierten Schallwelle.
- ebene Welle (Freifeld-Bedingung) als Voraussetzung:
 - 1. aufgenommene Schallwelle
 - 2. abgestrahlte Schallwelle vom Lautsprecher
- erfüllt bei ausreichender Entfernung der aufgenommenen Schallquelle (Mikrofon) sowie der wiedergebenden Lautsprecher (Abhörposition) ... Diffusfeld ??? !!!

Prof. Oliver Curtt

Ambisonics – Grundkonzept

- Erfassung des Schallfeldes in einem Punkt
 - ⇒ „räumliche Richtungs-Proben“
 - möglichst genaue Reproduktion bei der Wiedergabe für diesen Punkt (abhängig von der Auflösung)
 - je feiner die Abstufungen zwischen den Richtungen desto besser die Auflösung
- mögliche Quellen
 - reales Schallfeld
 - künstliche akustische Szene aus einer Postproduktion

Prof. Oliver Cürdt

Ambisonics – Grundkonzept

- ausgangsseitig „generisches“ Format
 - räumliche Beschreibung der Szene
 - Mischung wird enkodiert.
 - Dekodierung für das jeweilige Wiedergabesystem nötig
 - unabhängig vom Wiedergabesystem
- Beschreibung eines Schallfeldes in einem Punkt über die Zerlegung in Kugelflächenfunktionen
 - ähnlich wie Fourierreihe einer periodischen Schwingung

Prof. Oliver Cürdt

Ambisonics – Vorteile

- Schallfeld nachträglich sehr leicht manipulierbar
 - keine Vorzugsrichtung

- einfaches Drehen (Rotation) einer komplette Szene möglich
 - gut geeignet für 360°-Video
 - Abbildung des gesamten 360°-Raumes um eine zentrale Hörposition
 - fester Standpunkt aber Blick in jede Richtung des Raumes

- Binauralisierung mit statischen HRTFs möglich
 - Einsparen von Rechenleistung

Prof. Oliver Cudt

Ambisonics – Vorteile

- unabhängig von einem definierten Wiedergabesystem
 - ⇒ kompatibles Speicherformat
 - ⇒ stets abwärtskompatibel
 - ⇒ flexible Lautsprecherpositionen
 - ⇒ nur eine Mischung nötig

- Schallquellen auch unterhalb der Hörposition darstellbar
 - vs. viele kanalbasierte Formate

Prof. Oliver Cudt

Ambisonics – Nachteile

- praktisches Speicherformat für beliebige räumliche Signale nur bei ausreichend hoher Ordnung
- sonst starke Qualitätsverluste:
„Ein Speicherformat mit nur vier Kanälen [...] erzeugt aus jeder 3D-Aufnahme einen Brei, denn die vormals gute Signaltrennung im 3D-Setup wird durch die Mischung auf 4 Kanäle zerstört.“
(Helmut Wittek)
- mögliche Problematik bei Aufnahmen im Diffusfeld
 - relativ hoher Direktschallanteil nötig für hörbare Vorteile

Prof. Oliver Cürdt

Ambisonics – Nachteile

- szenenbasierte Mischung nicht direkt abhörbar
- Dekodierung nötig
 - ⇒ ggf. Schwierigkeiten bei der Kompatibilität
 - unterschiedliche Dekodier-Verfahren, abh. von Auspielplattform des Anbieters
 - andere virtuelle Lautsprecheranordnungen
 - andere HRFT-Datensätze bei der Binauralsynthese

Prof. Oliver Cürdt

Virtuelles Surroundsystem



Prof. Oliver Curdt

Virtuelles Surroundsystem

- Soundbar-Technologie
- Beamforming mit Lautsprecher-Array
- Virtual Surround mit Crosstalk Cancellation

Prof. Oliver Curdt

Binaural Quad



Prof. Oliver Curdt

Abbildung 9: Quad-binaurales Mikrofonarray 3Dio Omni Binaural Microphone
(Bildquelle: https://cdn.shopify.com/s/files/1/0995/9804/products/Omni_2_WebReady_grande.jpg?v=1465282518)

Trinnov SRP



8 Kugeln

Prozessor wandelt
Laufzeitdifferenzen in Pegeldifferenzen um
erlaubt das Einstellen einer "Richtcharakteristik"

Trinnov



- speziell für 5.1 Surround-Aufnahmen entwickelte Mikrofon Matrix mit einem digitalem Prozessor zur Verbesserung der räumlichen Abbildung und Ortung

- Mikrofonarrays
 - Anwendung
 - Alternativen