

Klang im Raum - Die Entwicklung

Wellenfeldsynthese

Sonstige Verfahren





Start



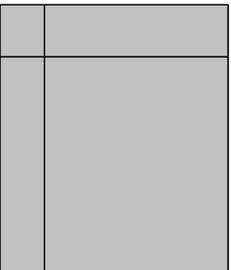
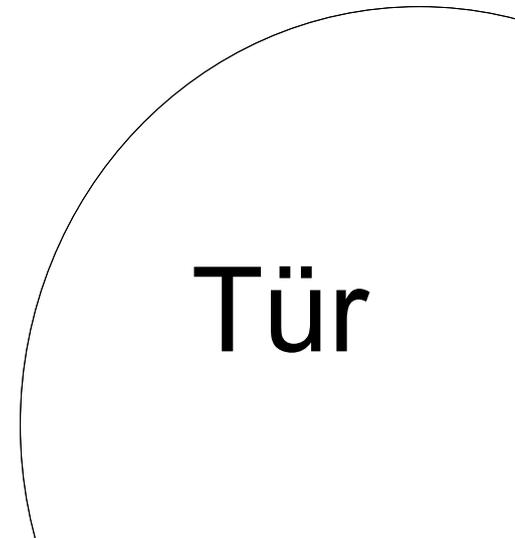
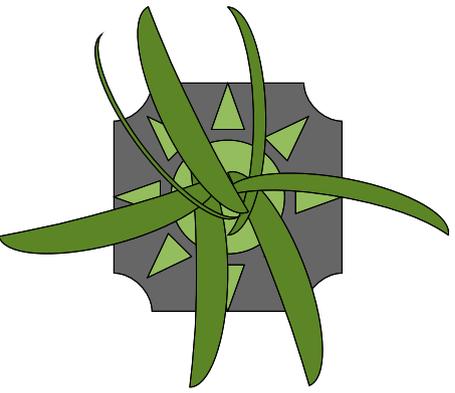
Ziel!



Mono

Beispiel : zu Hause

1924



Radio

Schrank

Tisch

Sofa

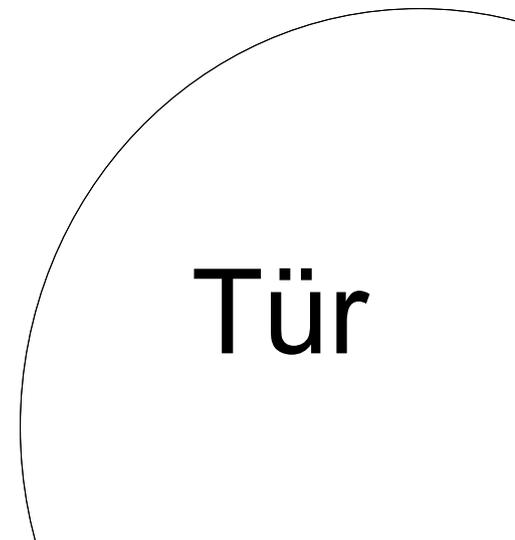
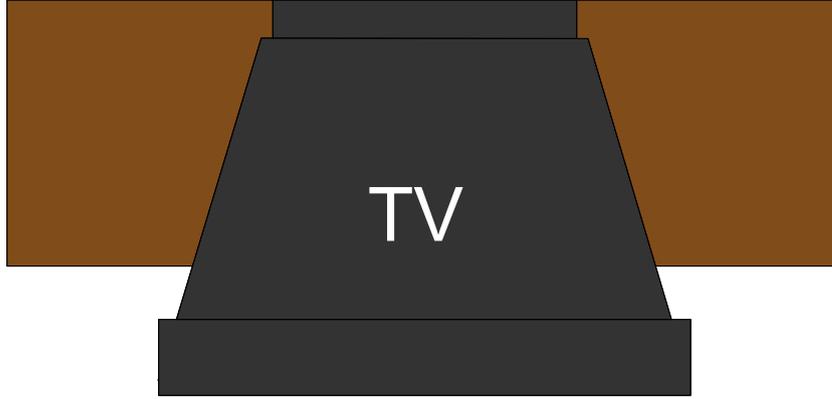
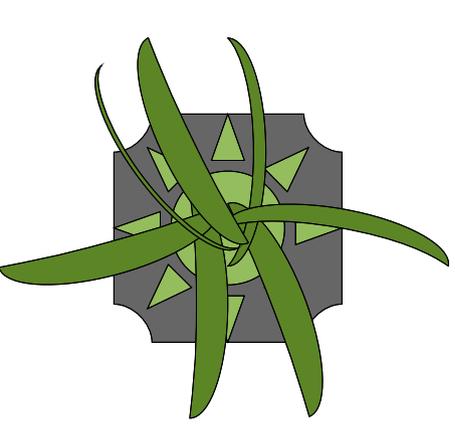
Tür



Mono

Beispiel 2 : zu Hause

1935



TV

Radio

Tisch

Sofa

Tür



Stereofonie



- Definition:

Technik, die mit Hilfe von zwei oder mehr Schallquellen durch Pegeldifferenz oder Laufzeitdifferenz einen räumlichen Schalleindruck beim Hören erzeugt.

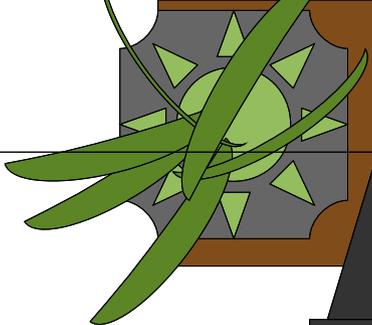


Stereo

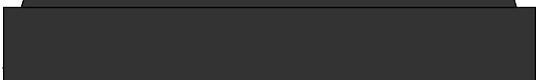
Beispiel: ungefähr:

1960

L

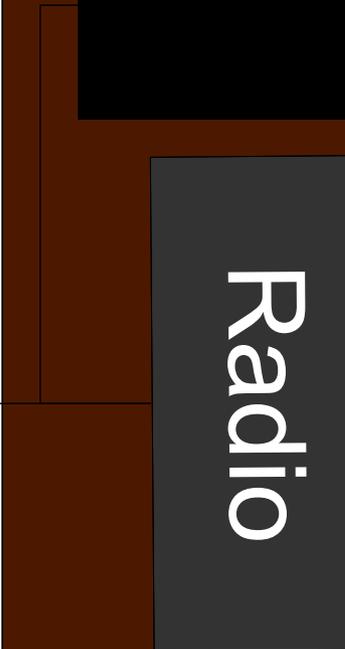


TV



R

Radio



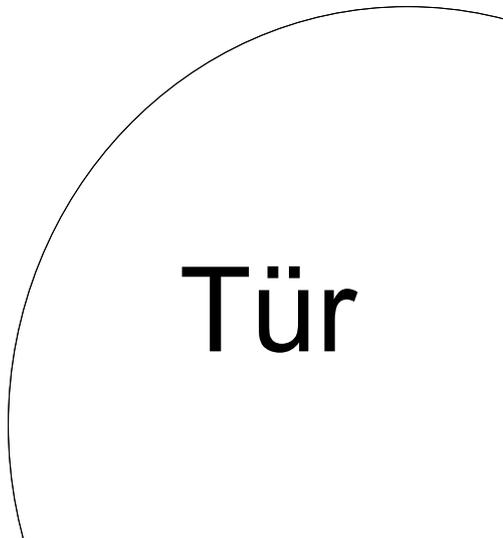
Tisch



Sofa



Tür



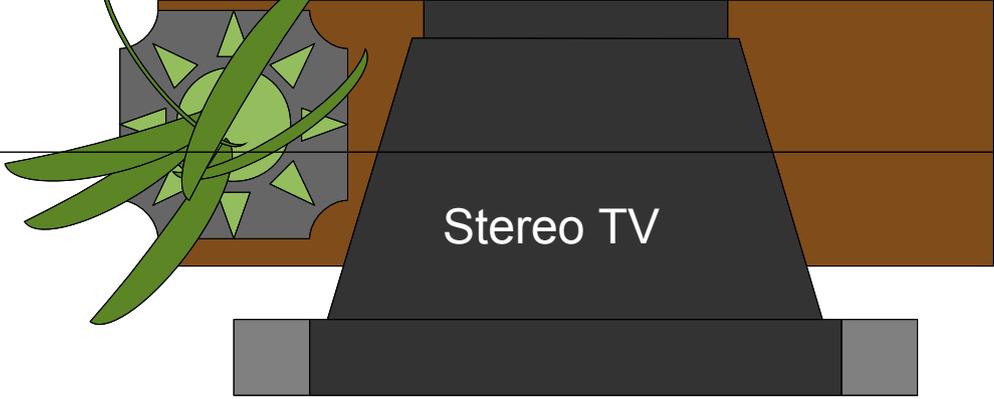


Stereo

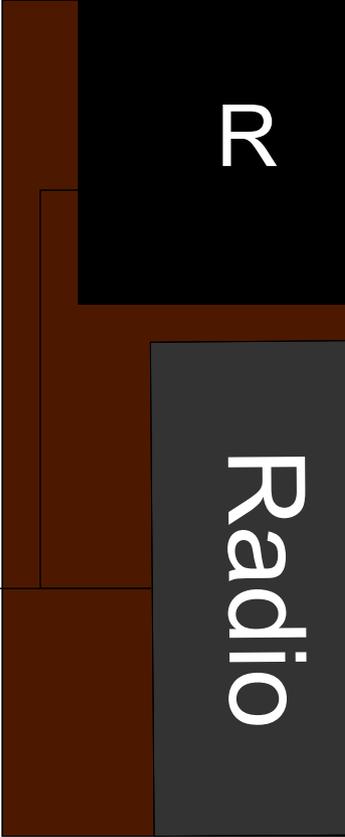
Beispiel: ungefähr:

1985

L



R



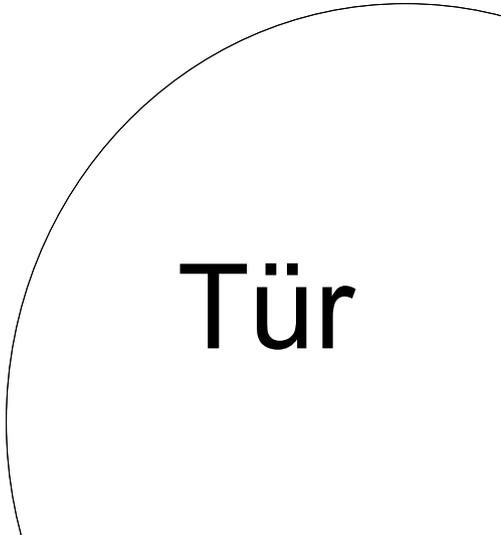
Tisch



Sofa



Tür





Stereo

sollte jedoch so aussehen



Quelle: Wikipedia



Stereo



- Wiedergabe mit Lautsprechern:
 - Laufzeitdifferenz
 - Pegeldifferenz
- Wiedergabe über Kopfhörer:
 - Kunstkopfaufnahme



Quelle: Sennheiser



Quadrofonie

geplanter Aufbau:





Quadrofonie

Beispiel 4 : zu Hause

1969 - 1980



L

TV

R

Radio

Tisch

Sofa

Tür



Quadrofonie

man sieht: hat sich nicht durchgesetzt. Ist aber Vorläufer von Surround-Sound wie 5.1





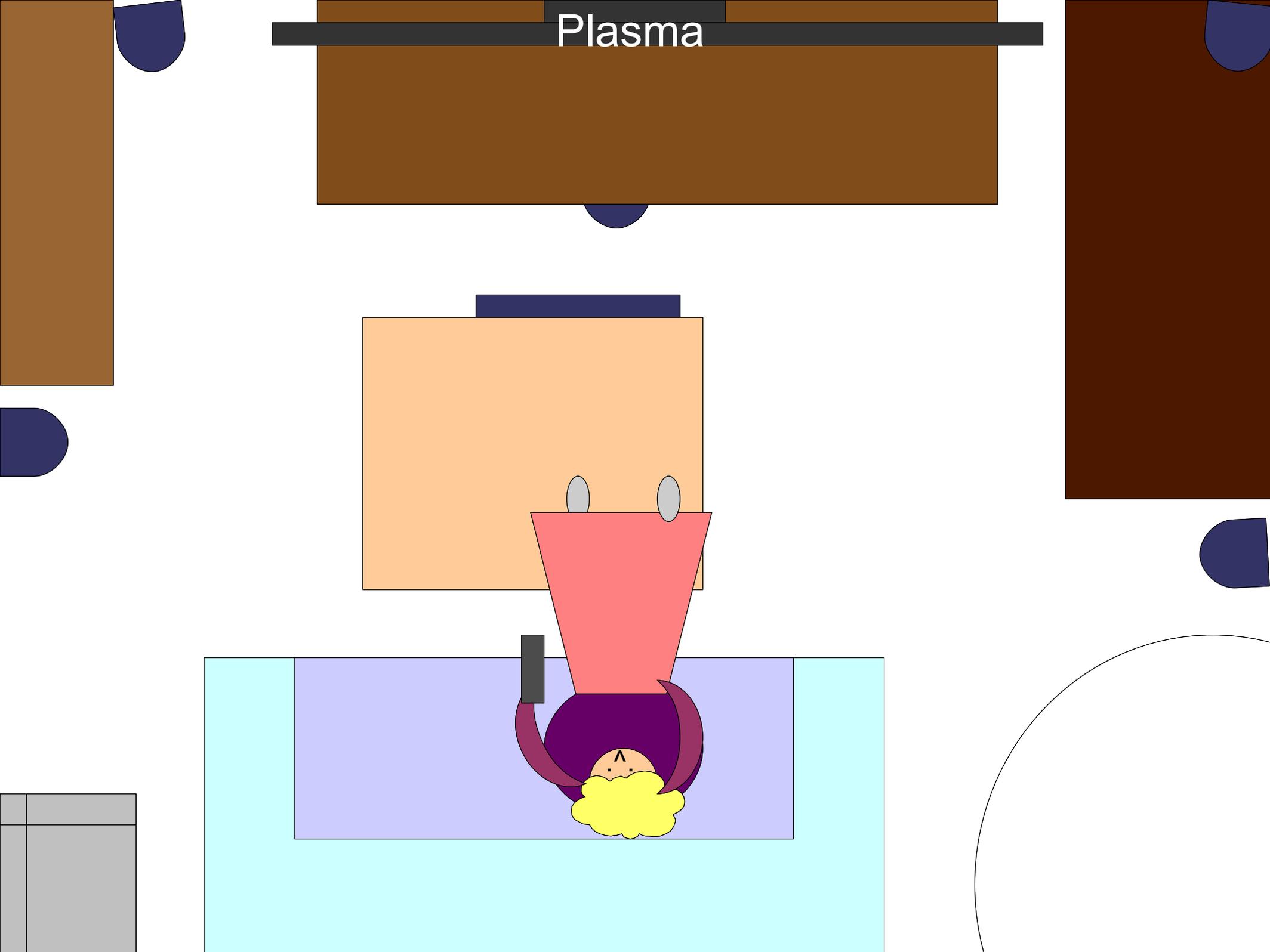
Surround

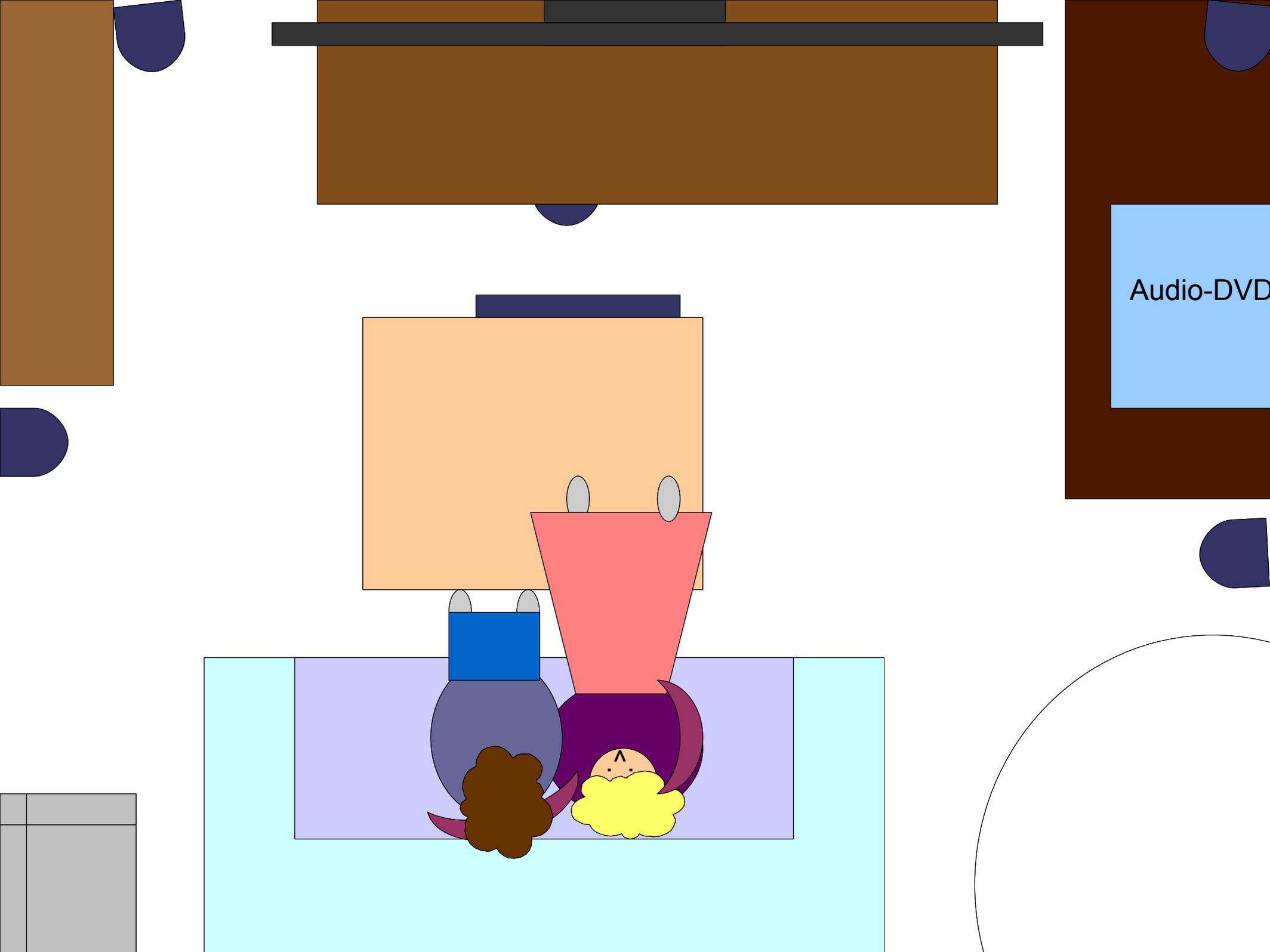
Beispiel 5 : zu Hause

1995

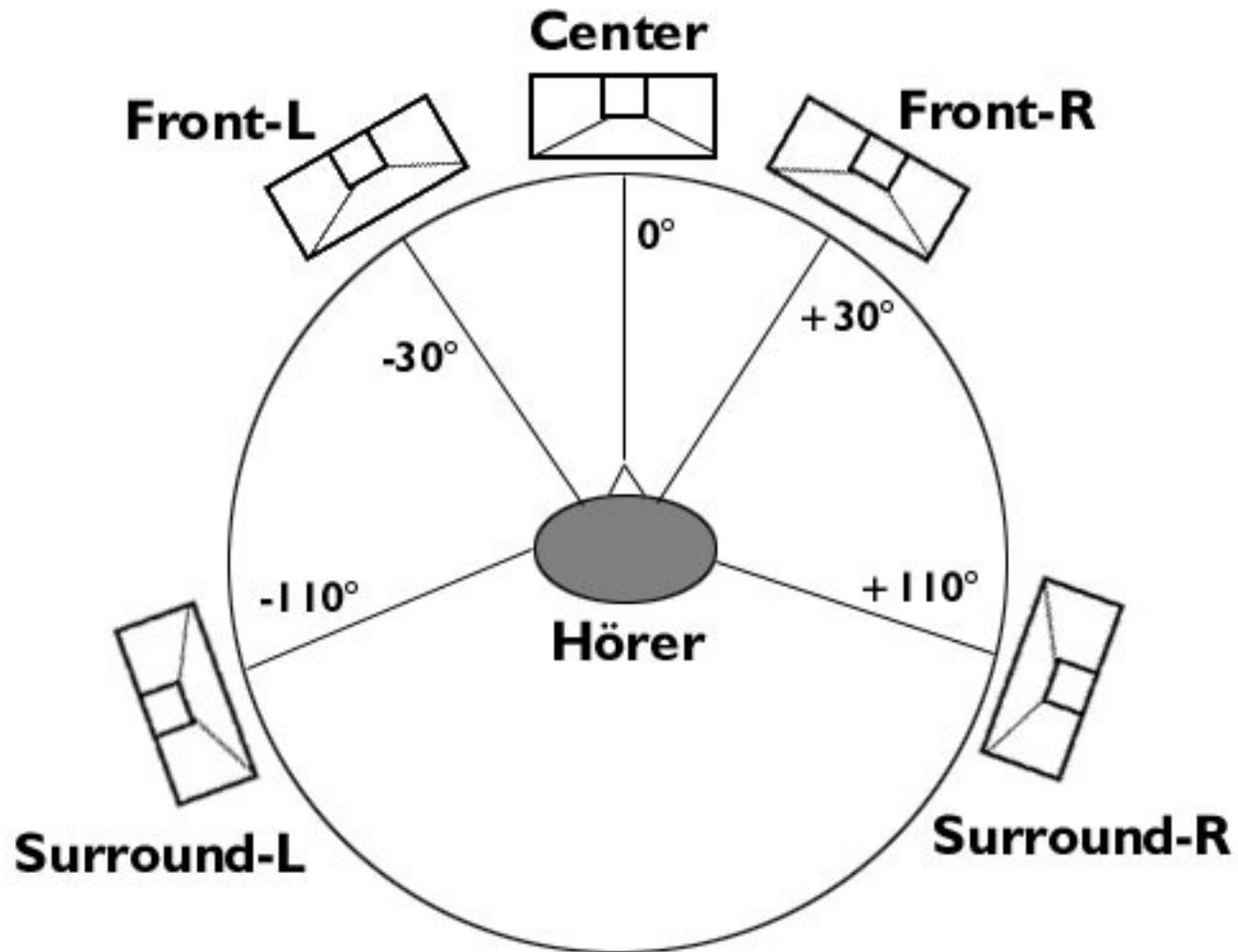


Plasma





Audio-DVD



Problematik:

Sweet Spot!

Keine Möglichkeit Lautsprecher gut einzurichten!

Für den Heimkonsumenten schwierig.

Aber : Chance für das Kino wieder attraktiver zu werden.

Jeodoch muss das Kino ein Verfahren finden,
bei dem alle zuschauer gut hören.

Bisher auch im Kino Probleme mit Sweet Spot!



Die Lösung!



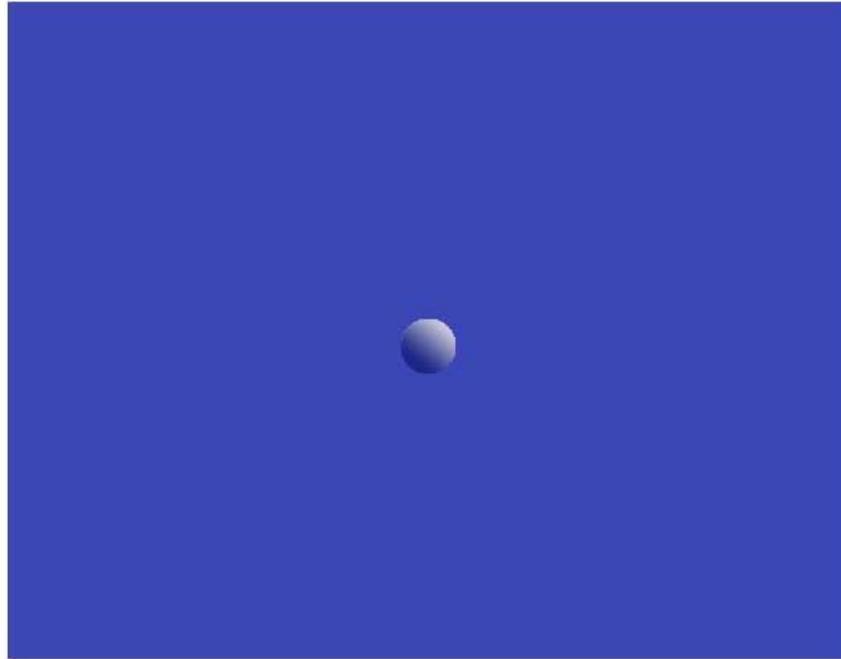
Das Prinzip der Wellenfeldsynthese

Räumlicher Eindruck



Das Prinzip der Wellenfeldsynthese

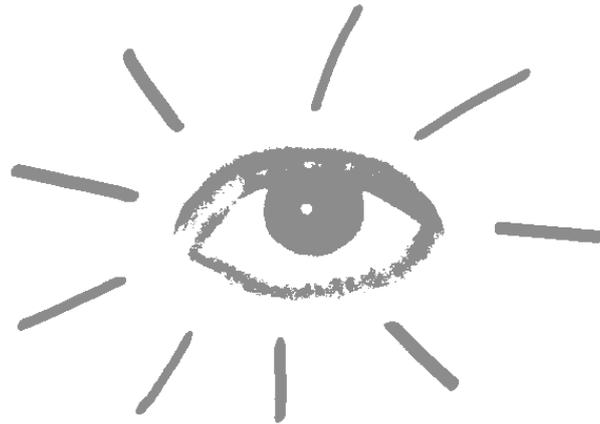
Räumlicher Eindruck



Räumlicher Eindruck

- Basiert nicht auf psychoakustischer Ebene
- Basiert auf physikalischer Ebene
- Vorführung bei der Tonmeistertagung 2006

Räumlicher Eindruck



WFS_Lautspr

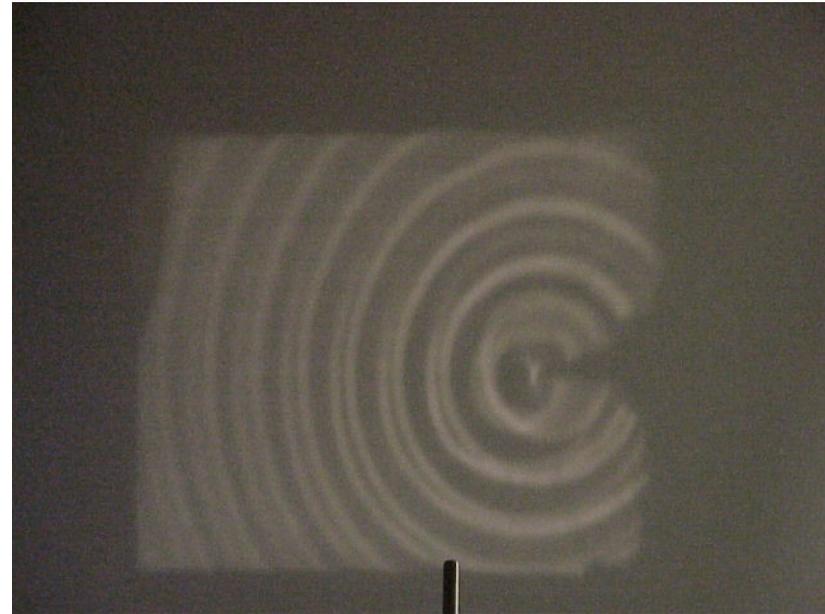
Das Prinzip der Wellenfeldsynthese

Wie funktioniert Wellenfeldsynthese (WFS) ?

- Huygens'sches Prinzip



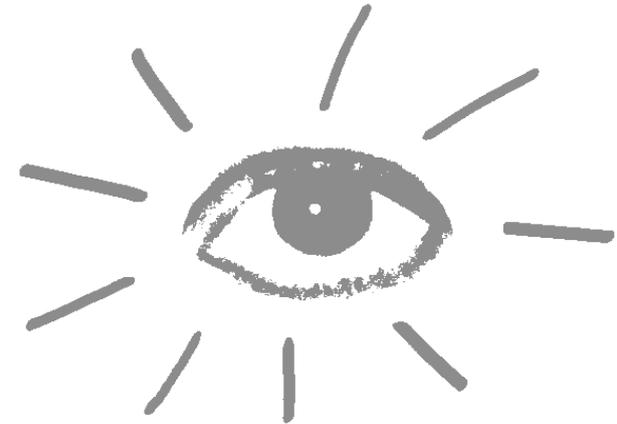
- Von einem Punkt S wird eine Kugelwelle abgestrahlt



Das Prinzip der Wellenfeldsynthese

Wie funktioniert Wellenfeldsynthese (WFS) ?

- Huygens'sches Prinzip
 - Durch Interferenz aller Elementarwellen entsteht eine neue Kugelwelle

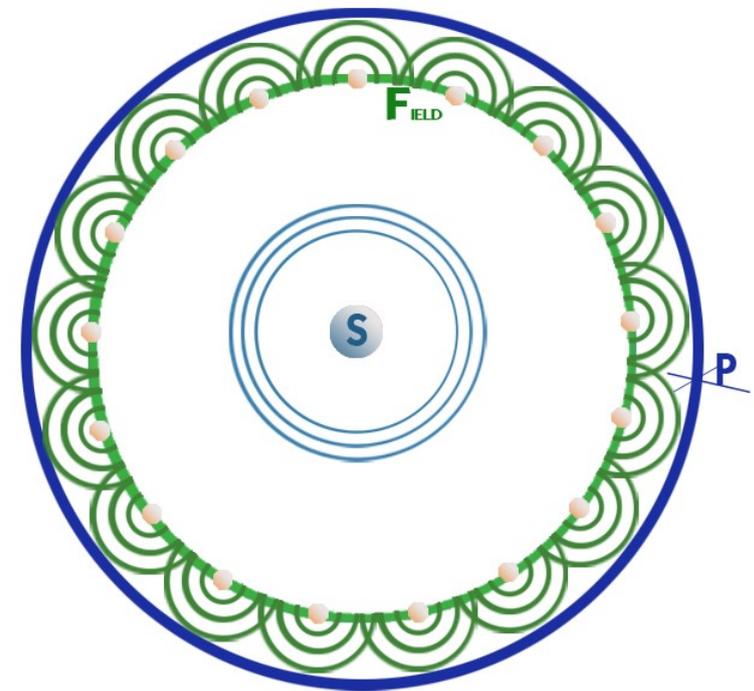


Anim_Loop

Das Prinzip der Wellenfeldsynthese

Wie funktioniert Wellenfeldsynthese (WFS) ?

- Die mathematische Beschreibung durch das Kirchhoff-Helmholtz Integral
- S strahlt kugelförmige Wellenfronten ab
- Laut Huygens strahlen auch die Sekundärquellen Kugelwellen ab.
- Kennt man die Wellenfront auf der Fläche F
- So kann man den Schwingungszustand in einem beliebigen Punkt P des äusseren Schallfeldes errechnen



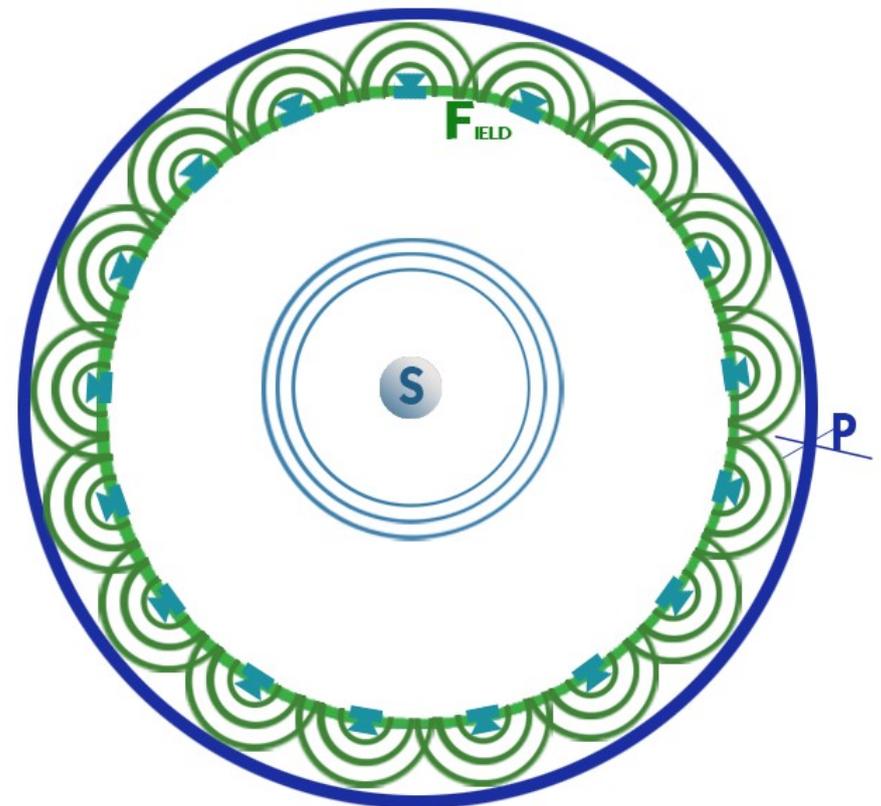
Das Prinzip der Wellenfeldsynthese

Wie funktioniert Wellenfeldsynthese (WFS) ?

- Die mathematische Beschreibung durch das Kirchhoff-Helmholtz Integral

Die Folgerung:

- Jedes Schallfeld kann durch die Verteilung von Sekundärquellen auf einer Oberfläche rekonstruiert werden.



Die Aufnahme

- Trockene Signale = schärfere Wiedergabe
- Die räumliche Form der Schallquelle kommt separat dazu
- Mit speziellen Mikrofonarrays wird die Raumeigenschaft gemessen

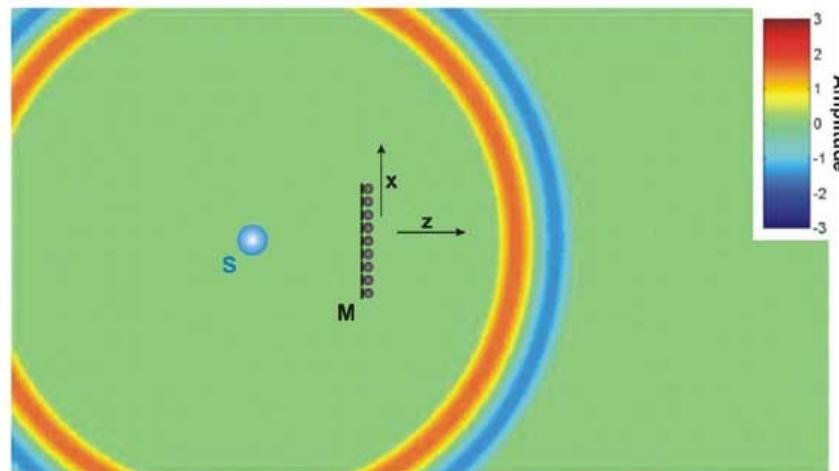


Abb. 2-12 Das simulierte Schallfeld einer realen Schallquelle *S*, die einen sinusförmigen Impuls als kugelförmige Wellenfront abstrahlt. Mithilfe einer Mikrofonzeile *M* wird diese primäre Schallfeld an einigen Punkten gemessen. (Simulation von H. Wittek zur Verfügung gestellt)

Die Aufnahme

- Platziert man nun eine Lautsprecherzeile an die selbe Stelle, so kann auf Wiedergabeseite das synthetisierte Schallfeld gehört werden

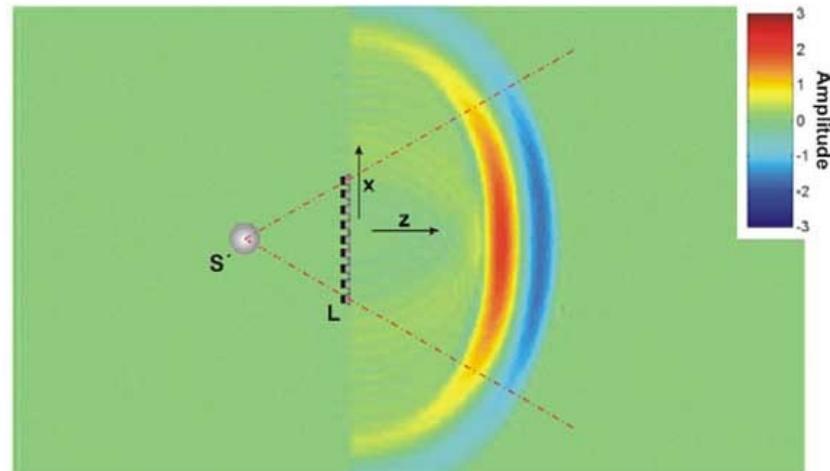


Abb. 2-13 Die Simulation zeigt das von der Lautsprecherzeile L synthetisierte Schallfeld der virtuellen Quelle S' . Die Lautsprecher geben die gemessenen Signale der Mikrofonzeile aus Abb. 2-12 wieder. Dieses sekundäre Schallfeld ist hier nur für positive z -Richtungen simuliert worden. (von H. Wittek zur Verfügung gestellt)

Die Wiedergabe

Es gibt zwei verschiedene Wiedergabemöglichkeiten:

- Die **Datenbasierte** WFS --> Faltungsprinzip
- Die Modellbasierte WFS --> künstl. Raum nicht real vermessen

- Die trocken aufgenommene Schallquelle wird mit der Impulsantwort des Raumes gefaltet und zu den Lautsprechern zurückgeführt (Messung mit dem Mikrofonarrays)

- Jeder Lautsprecher wird dabei einzeln gesteuert.

Die Wiedergabe

- Lautsprecher werden einzeln gesteuert.
- Jeder Lautsprecher hat einen eigenen Verstärkerkanal

Ein Rechner steuert diese einzelnen Kanäle:

- Diverse Filter können den einzelnen Lautsprechern hinzugefügt werden
- Echtzeitfaltung für jeden Kanal

Das Prinzip der Wellenfeldsynthese

Die Voraussetzung für die Wiedergabe

- Lautsprecherarray und Mikrofonarray müssen in Position und Anzahl übereinstimmen.



Das Prinzip der Wellenfeldsynthese

Die Voraussetzung für die Wiedergabe



- Die Impulsantworten müssen mit Hilfe der Extrapolation an die Eigenschaften der eingesetzten Lautsprecherarrays angepasst werden.



Das Prinzip der Wellenfeldsynthese

Die Voraussetzung für die Wiedergabe



- Extrapolation ist die Umrechnung der Mikrofonposition auf jedes beliebige Lautsprecherarray
- Die Koordinaten des Mikrofons sind durch die Impulsmessung bekannt
- Diese Positionsdaten werden auf den gewünschten Lautsprecher umgerechnet
- Sind die Kanalzahlen unterschiedlich muss ebenso extrapoliert werden

Die Schattenseiten der Wellenfeldsynthese

Beugung

- Lautsprecherarrays sind nicht unendlich lang
ε das synthetisierte Schallfeld beugt sich an den Kanten des Schallfeldes
- Abhilfe durch Absenken der Amplitude an den Kanten.

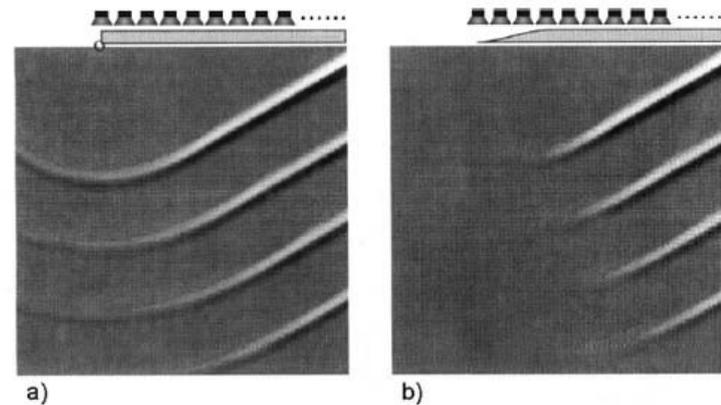


Abb. 2-14 a) Hier wurde beispielhaft eine ebene Welle synthetisiert, um den Beugungseffekt an der Kante der Lautsprecherzelle besser zu veranschaulichen. b) Verminderung der Beugung durch Abschwächung der Amplituden der äußersten Lautsprecher (der graue Balken repräsentiert die Amplitude der Sekundärquellen). [21]

Die Schattenseiten der Wellenfeldsynthese

Diskretisierung

- Lautsprecher haben einen gewissen Abstand zueinander
- Dieses entspricht einer diskreten Verteilung der Sekundärquellen
- Dieser Lautsprecherabstand bestimmt die Aliasing-Frequenz des primären Schallfeldes
- Bis zu dieser Frequenz kann das Signal fehlerfrei wiedergegeben werden

Weitere Nachteile der WFS

- Hohe Übertragungskapazität
- Hohe Rechenkapazität
- Unbefriedigende Klangfarbe, da trockene Signale
- Keine Einflussnahme in der Klangfarbe möglich

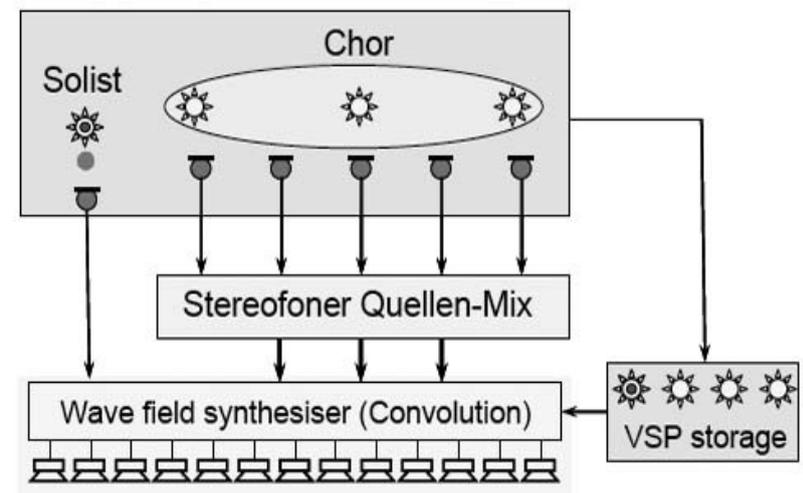
Mischformen

Abhilfe durch OPSI

- OPSI(Optimized Phantom Source Imaging)
- WFS wird ab der Aliasing-Frequenz mit Wiedergabe der Phantomschallquelle erweitert
- Geeignete Hoch-und Tiefpassfilter steuern die Lautsprecher aus
- Für die richtige Lokalisation muss die Phantomschallquelle aus der gleichen Richtung kommen, wie die virtuelle Quelle

Stereophonie in der WFS

- Die Schwachstellen der WFS können durch Stereophonie kompensiert werden
- Anzahl der Übertragungskanäle lässt sich verringern
- Bsp. Choraufnahmen
- Stereophone Signale auf der Wiedergabeseite des WFS-Kanals repräsentieren virtuelle Lautsprecher
- **Virtual Panning Spots**
- Gesamtbild des Chores erhält ein größeres Klangbild, da andere Lokalisationsgesetze



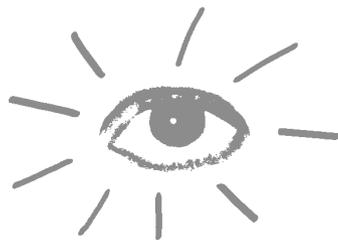
Virtuelle Panning Spots zur Nutzung stereofoner Techniken

Quelle Hauptmikrofon.de/Theile

IOSONO

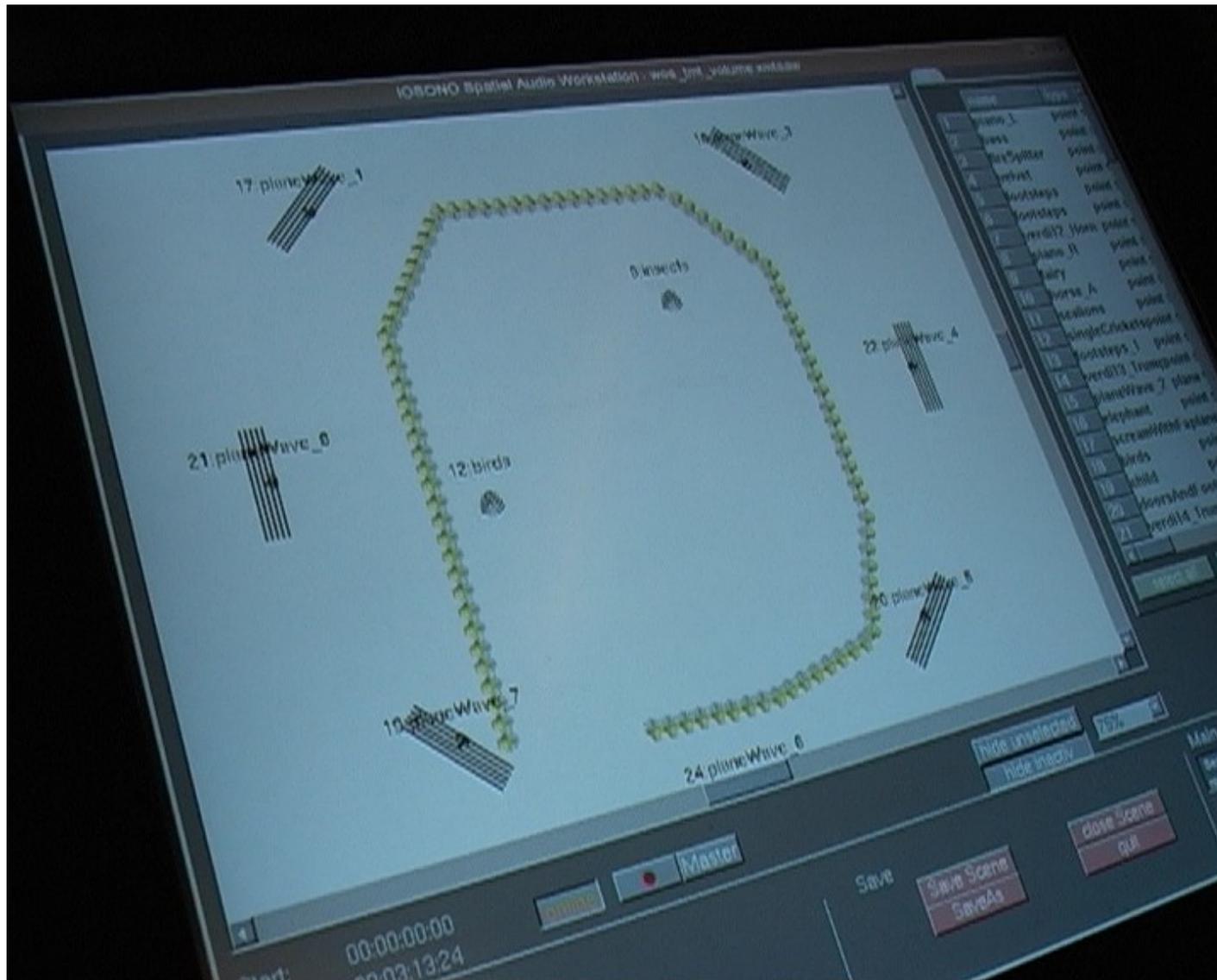
- IOSONO (span. „ich klinge“)
- Entwickelt von Fraunhofer Institut im Umfeld der techn. Universität Ilmenau
- Spatial Audio Workstation (SAW) mit Toningenieuren Entwickelt
- System besteht aus Lautsprecherpanels, Recheneinheit, Wiedergabesoftware

SAW_Filmchen



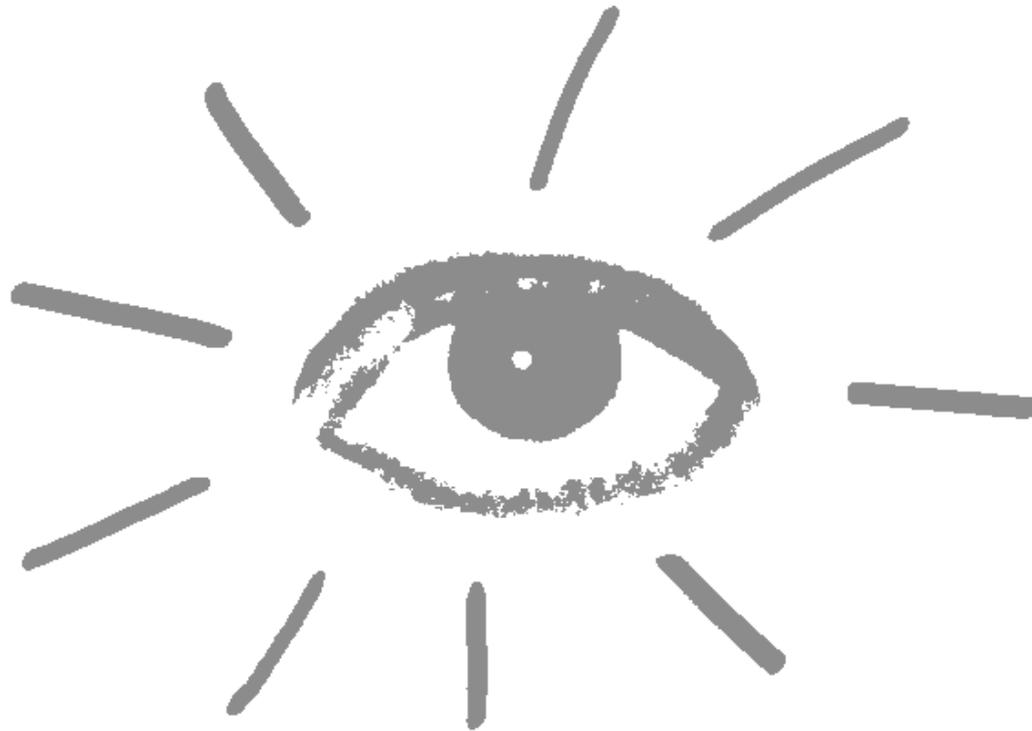
Technik & Forschung

IOSONOs SAW



IOSONOs SAW

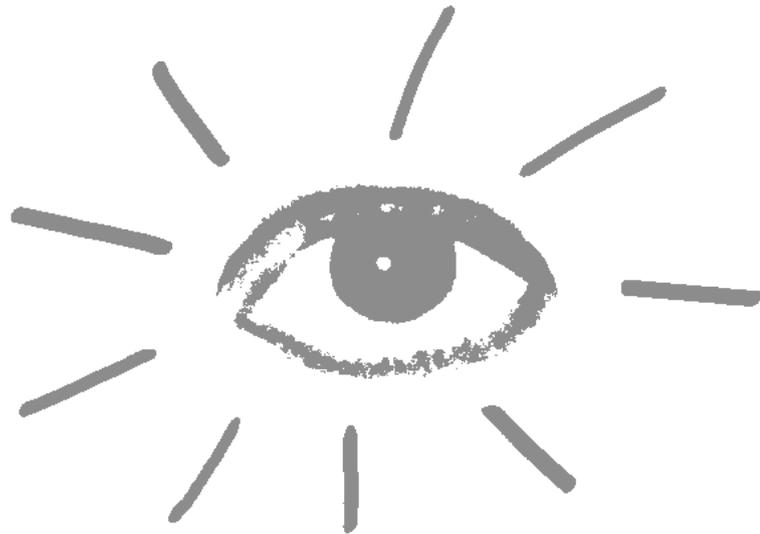
- IOSONO short FIN



Forschung

- Verfahren der WFS wurden ab 1988 zuerst an der TU Delft
- Ab dem Jahr 2001-2003 Projekt von der EU gefördert CARROUSO
- 10 Institute forschten europaweit:
 - Forschungsinstitute: IRCAM
IRT
Fraunhofer(IDMT)
 - Universitäten: TU Delft
TU Erlangen
AU Thessaloniki
ISL Lausanne
 - Unternehmen: Studer
France Telecom
Thales

- IV IOSONO Soundsystem



- In industriellen Bereich
- Lissi und der Wilde Kaiser

Exklusiv in der Filmstadt



**Roter Teppich. Große Stars.
Die Kaiserin!**

4D Erlebnis Kino: Bullys „Lissi und die wilde Kaiserfahrt“ mit 3D Bild, Bewegungssimulation, IOSONO Soundsystem und Special Effects



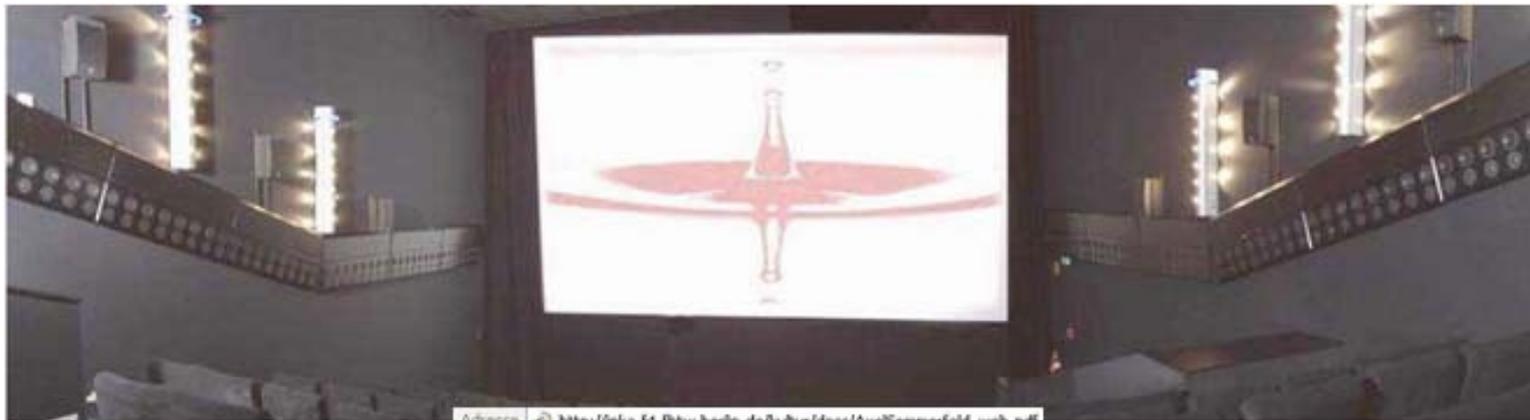
Installationen von WFS

Weitere Installationen/Kinos:

- Linden Lichtspiele in Ilmenau (gehört zum Fraunhofer)
- Bregenzer Festspiele und Seefestspiele Mörbisch



www.forward2business.com/fileadmin/dokumente/Zukunftsuniversitaet/forward2business-zukunftsuniversitaet



Adresse: http://irka.f4.fhw-berlin.de/kultur/docs/AxelSommerfeld_web.pdf

andere Verfahren

- Akusmonium
- Ambisonics
- Klangdom
- Software Zirkonium

Akusmonium



Akusmonium



Quelle: TU Berlin

Ambisonics

- schon 1972 erfunden
- Stereo-Kompatibel
- Flexibel
- gut Ergebnisse
- jedoch auch mit Sweet Spot
- Erfolg blieb aus

Klangdom und Zirkonium

PDF

Fazit

Wellenfeldsynthese:
für Kinos und Konzertsäle, ist jedoch für „zu Hause“ zu teuer und aufwendig.

Ist noch nicht perfekt ausgereift.

Es wäre schön, ein Misch/Panning-Verfahren zu haben, das die Möglichkeit der Wellenfeldsynthese, jedoch auch anderen Lautsprecher setups ermöglicht.

Gute Lösungen für das Wohnzimmer wären Wünschenswert.....

Danke für die Aufmerksamkeit und wir freuen uns auf eure Fragen!