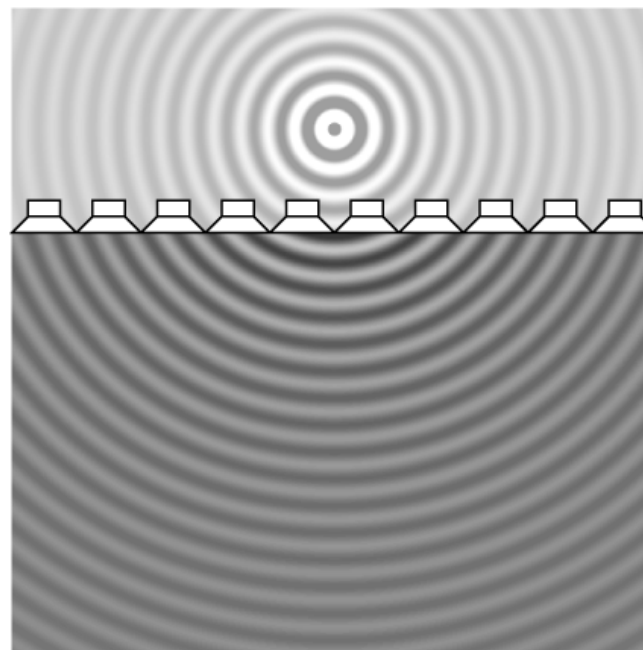
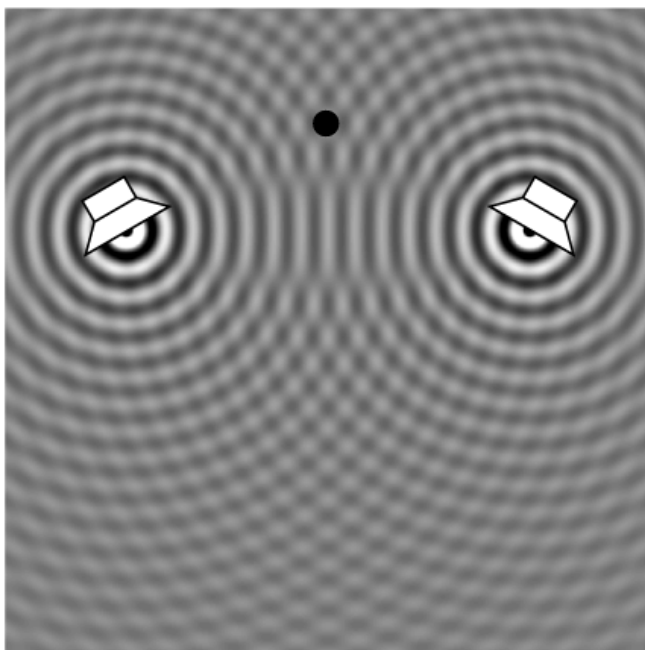
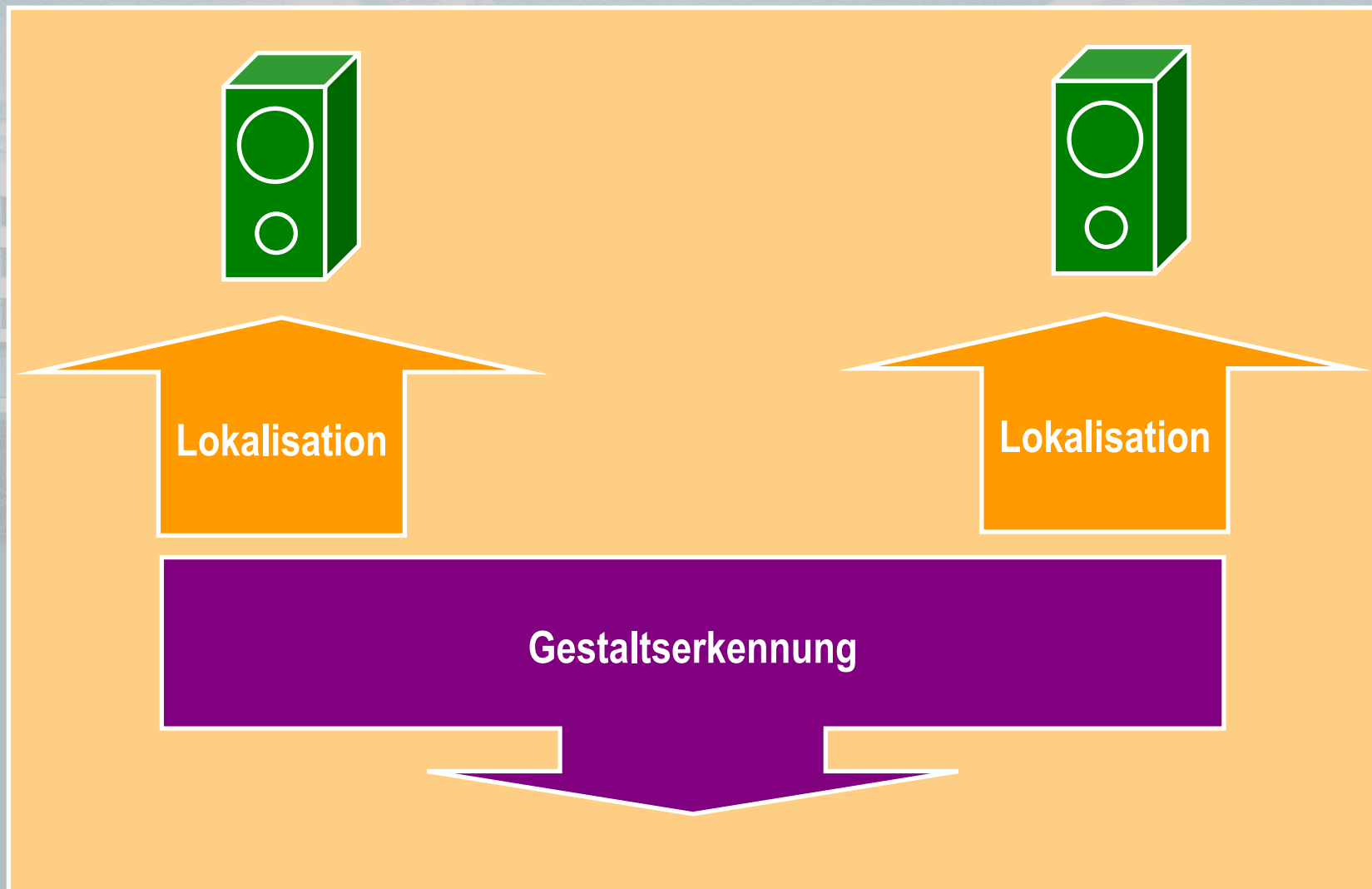


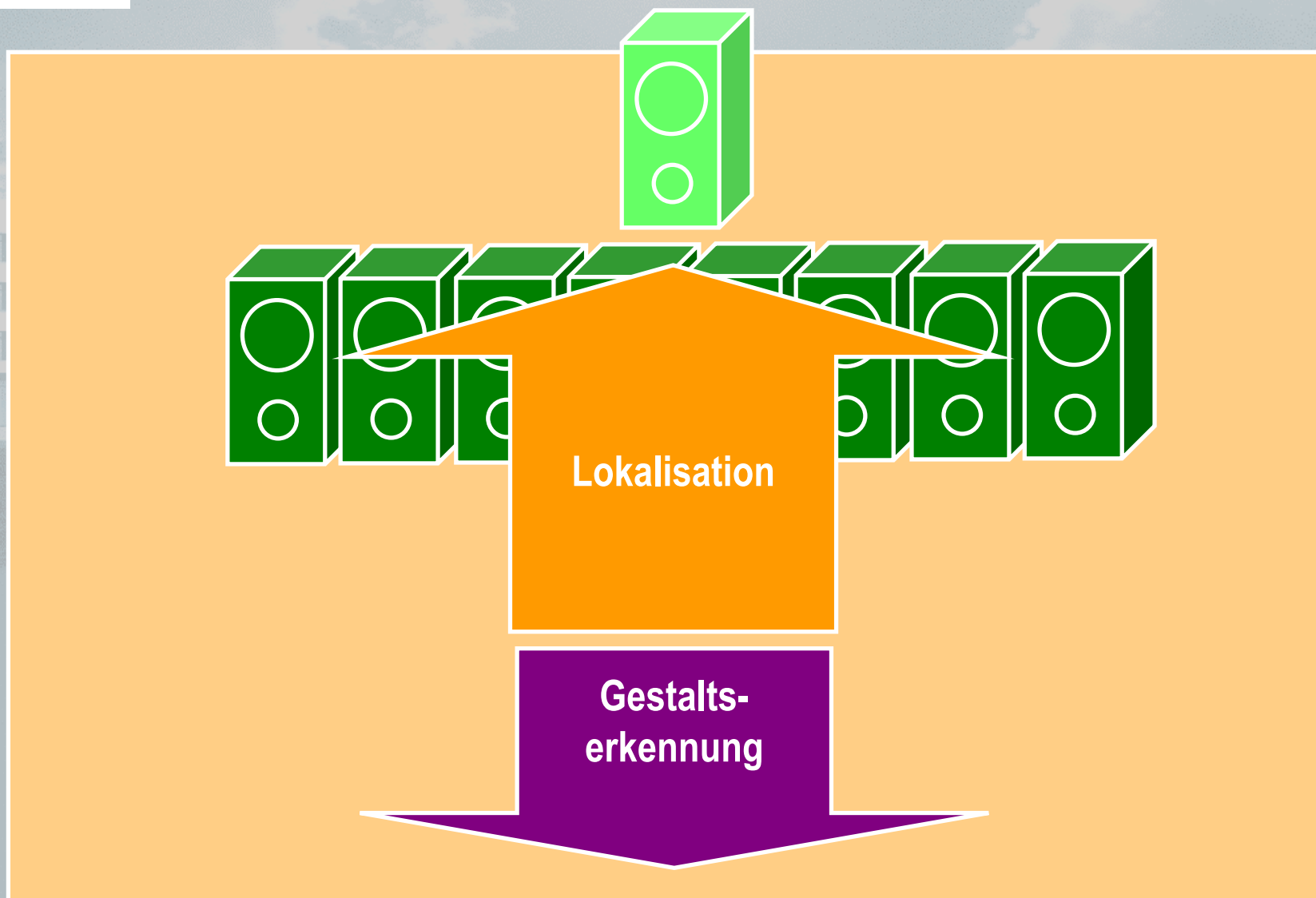
### WAHRNEHMUNG synthetisierter Schallfelder

- Physikalische Eigenschaften der WFS (Wellenfeldsynthese)
- Psychoakustische Eigenschaften der WFS
  
- Angewandte Wellenfeldsynthese
- Einführung in die **DEMO**

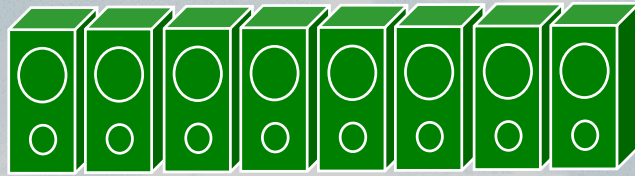


Quelle: Hulsebos









Schallereignis

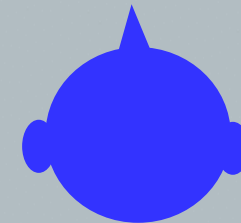
Physikalische  
Eigenschaften

Wahrnehmung



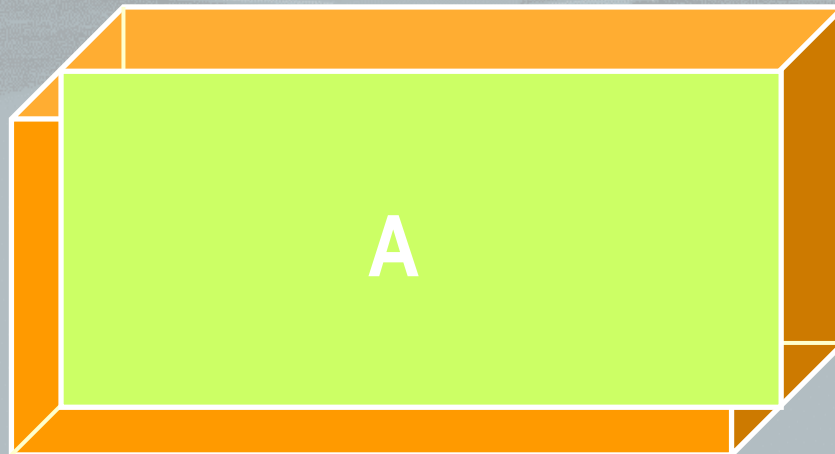
Psychoakustische  
Eigenschaften ?

Hörereignis

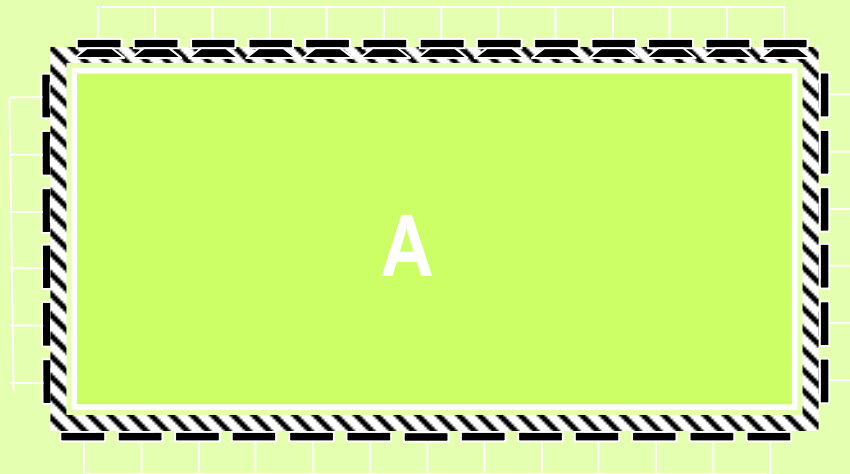


## Physikalische Eigenschaften: *Theorie und Praxis*

3D → 2D



## Physikalische Eigenschaften: *Theorie und Praxis*



3D  $\rightarrow$  2D

Diskretisierung

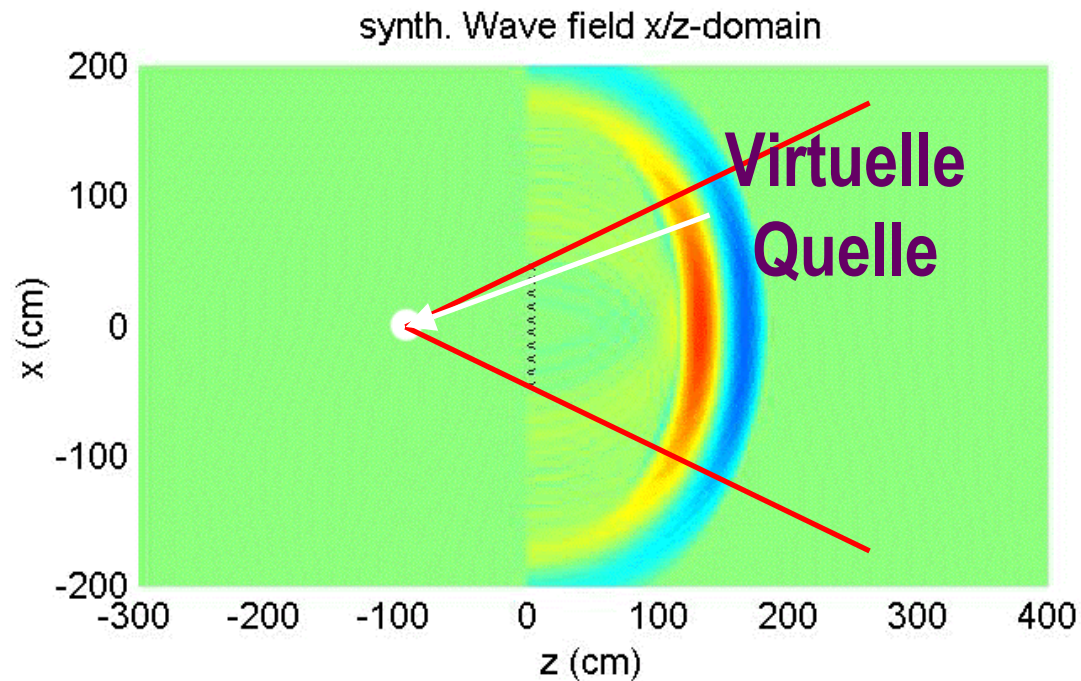
Endlichkeit

...ebene



## Animation: die Virtuelle Quelle

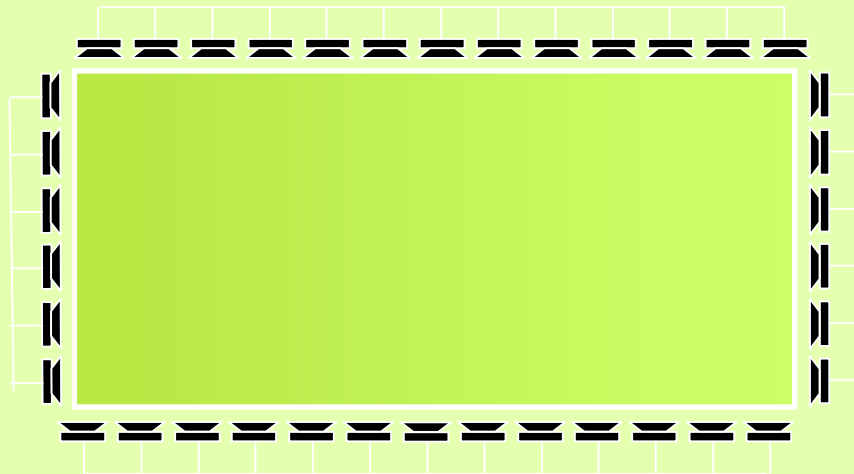
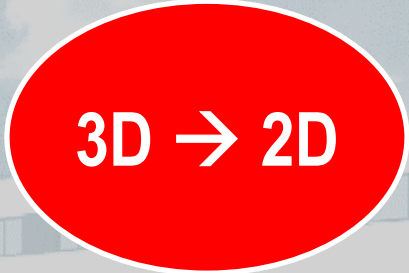
### Übergang von realer zu virtueller Quelle





## 3D → 2D:

- Leichte Amplitudenfehler
- Kein Punkt ausserhalb der Horizontalebene kann korrekt synthetisiert werden

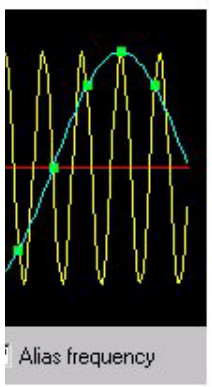
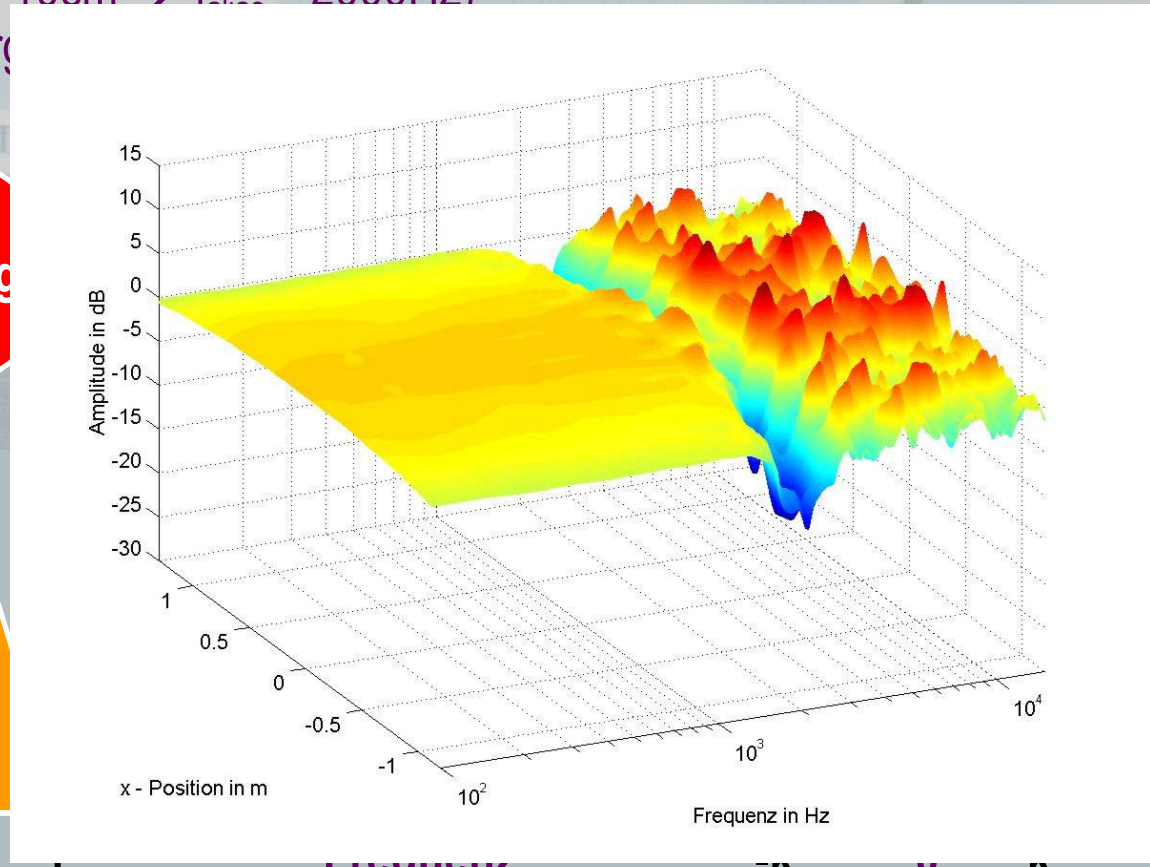
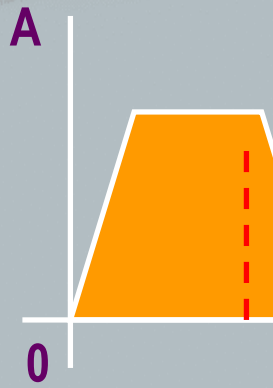


Horizontalebene

# Diskretisierung

- „Spatial Aliasing“
  - Synthetisierung des Wellenfelds nur möglich mit  $f < f_{\text{alias}}$   
( $d = 10\text{cm} \rightarrow f_{\text{alias}} = 2000\text{Hz}$ )
  - Vergle...

Diskretisierung



$f_s$       Frequenz       $f_{x,\text{max}}$        $f_{x,\text{max}}$        $k_x$

- „Truncation effect“
  - Theorie geht von unendlich langem Array aus

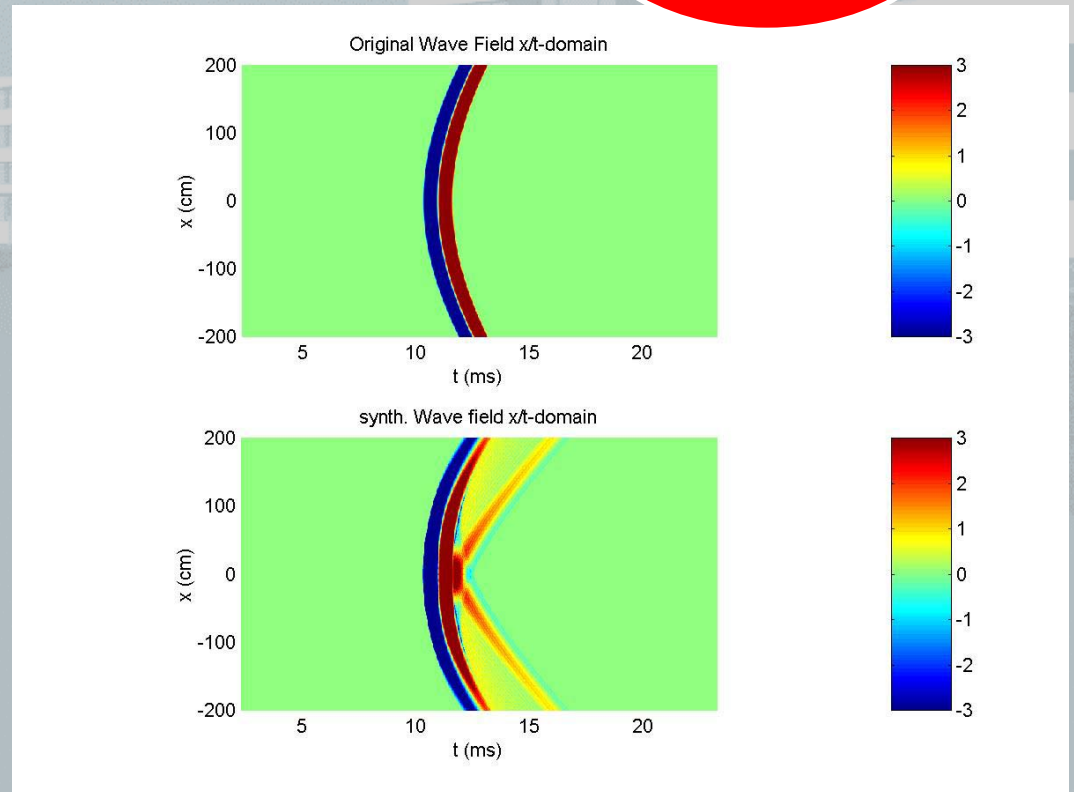
Endlichkeit



S



E





# Schallereignis → Hörereignis

Schallereignis

Wahrnehmung

Hörereignis

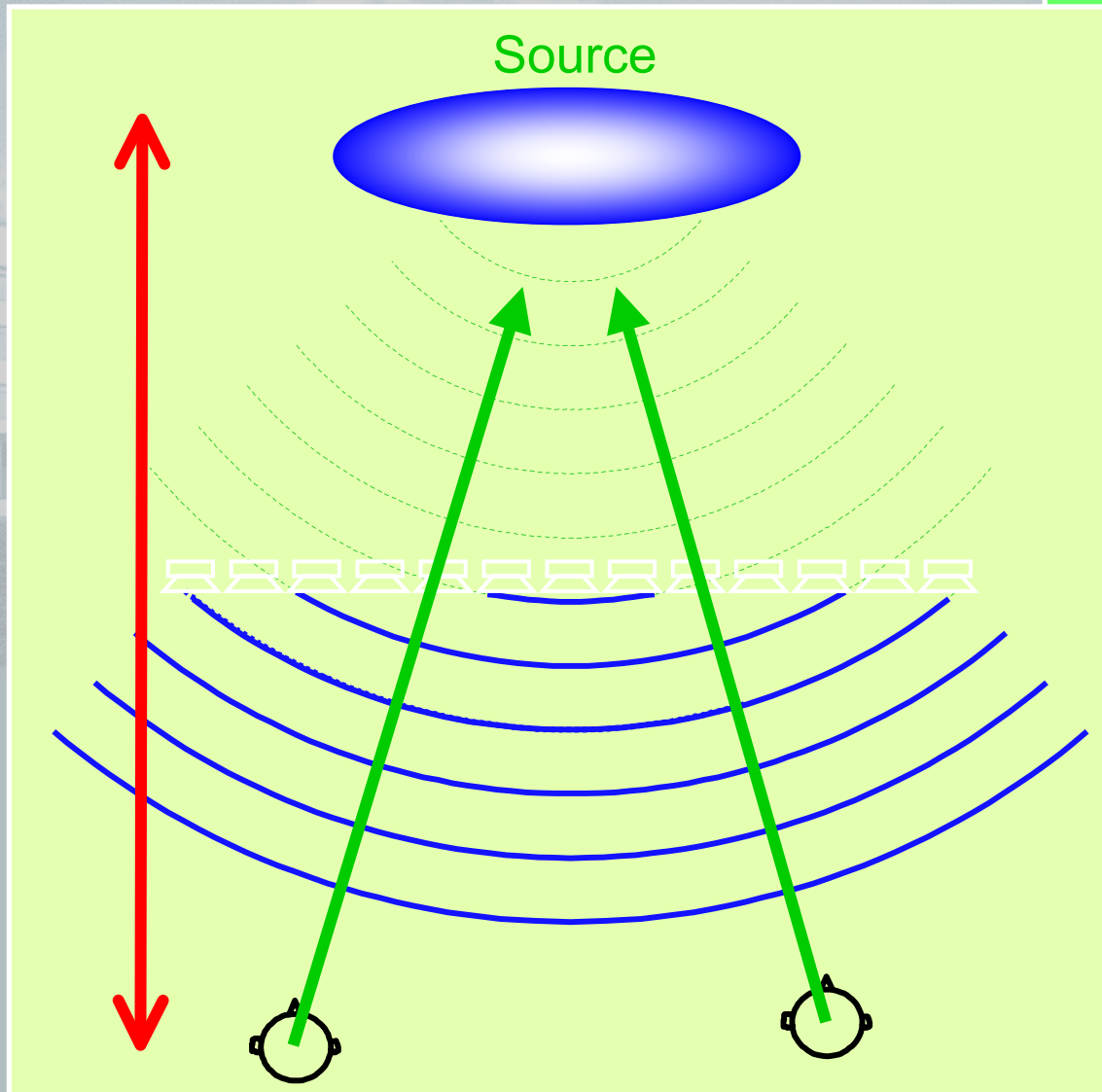
Schallereignis

Hörereignis

Diskretis

Endlichkeit

- Wellenfeldsynthese hat ihren Ursprung nicht in der Psychoakustik
- Ideales (reales/ gewünschtes) und tatsächlich synthetisiertes Schallfeld weichen erheblich voneinander ab
- Notwendigkeit zur Untersuchung der tatsächlichen psychoakustischen Eigenschaften



## Lokalisation:

Richtung ○○○

Schärfe ○○○○

Distanz ○○○○

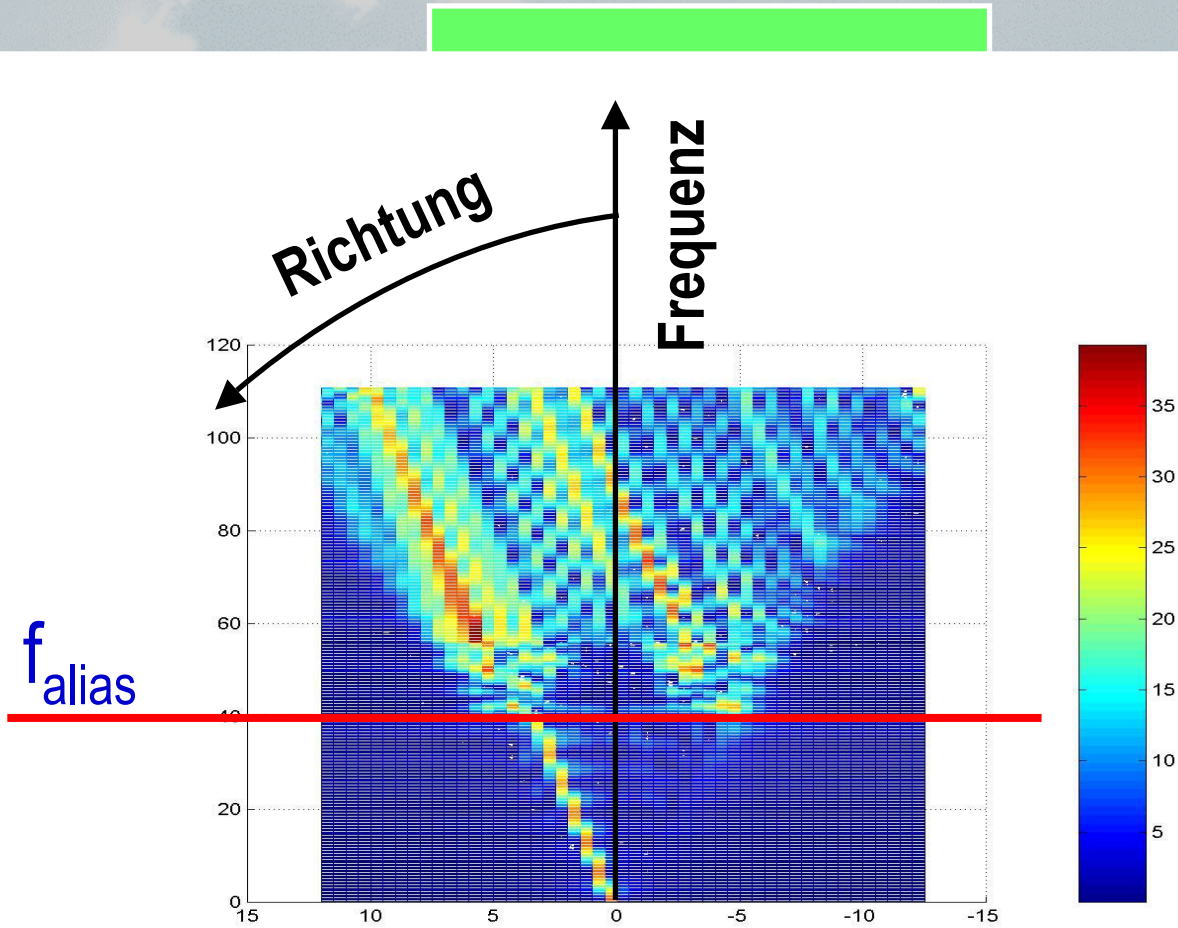
Klangfarbe ○○○○

## 1. Richtung

-dominante Rolle der interauralen Zeitdifferenzen (ITD) unter ca. 1,5 kHz bei der Richtungswahrnehmung

→WFS nutzt diesen Effekt zur stabilen Richtungsdarstellung  
→höhere Frequenzen beeinflussen nicht Richtung, sondern Lokalisationsschärfe





## 1. Richtung

- WFS ermöglicht wirklichkeitsgetreue Perspektive
- WFS ermöglicht *positions-* oder *richtungs-* stabile Quellen an fast beliebigen Positionen
- WFS ermöglicht in Grenzen die korrekte Richtungswahrnehmung von virtuellen Quellen *innerhalb* der Hörzone („fokussierte Quellen“)



## 2. Lokalisationsschärfe

*Verhältnis der Lokalisationsschärfe zur höchsten korrekt synthetisierbaren Frequenz ( $f_{\text{alias}}$ )*

*Ziel:  
Welcher Aufwand ist nötig für einwandfreie Wiedergabe virtueller Schallquellen?*

*IRT 2001, Diplomarbeit T. Huber*





## 2. Lokalisationsschärfe

Realschallquellen (einzelne LS)

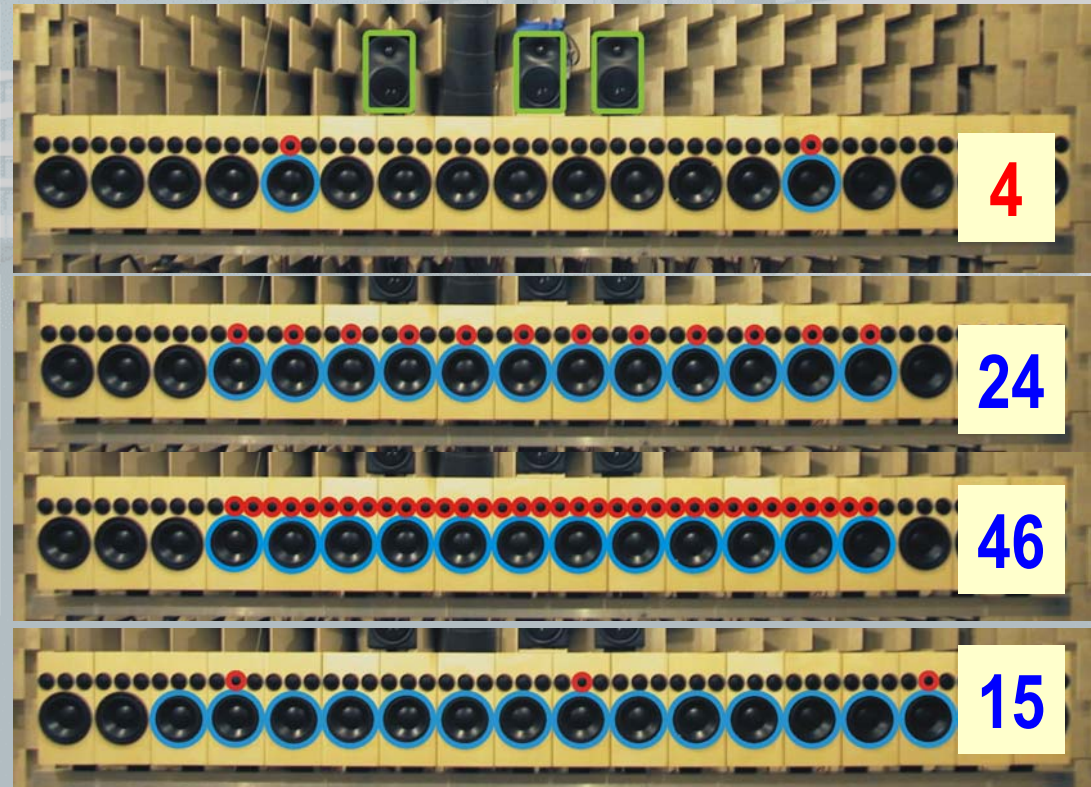
STEREO  $\Delta x = 1,14 \text{ m}$

lineares Array  $\Delta x = 12,6 \text{ cm}$

lineares Array  $\Delta x = 4,2 \text{ cm !!}$

**OPSI** \*: lineares Array mit  
12 \* Woofer  $\Delta x = 12,6 \text{ cm}$   
3 \* Tweeter  $\Delta x = 76 \text{ cm}$

\* IRT-Patent 2001



**OPSI : Optimized Phantom Source Imaging of HF content of WFS**

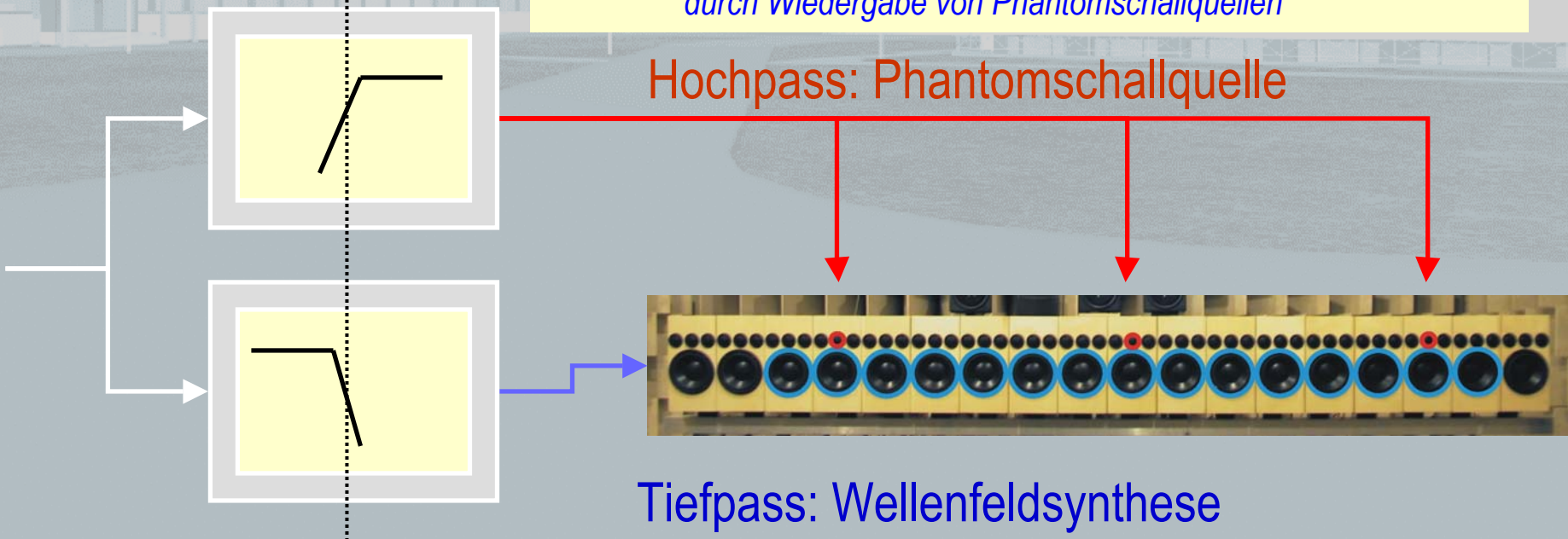
lineares Array mit

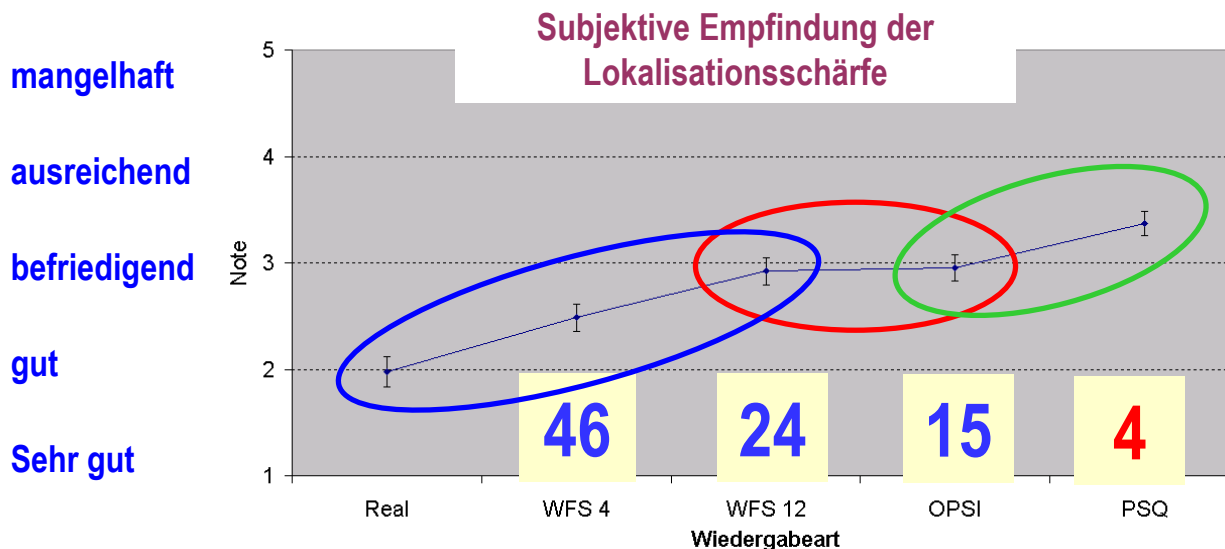
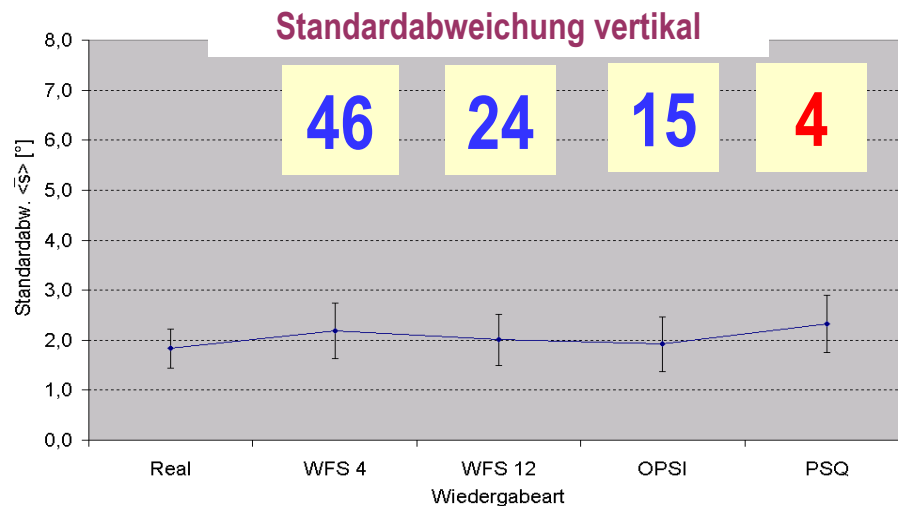
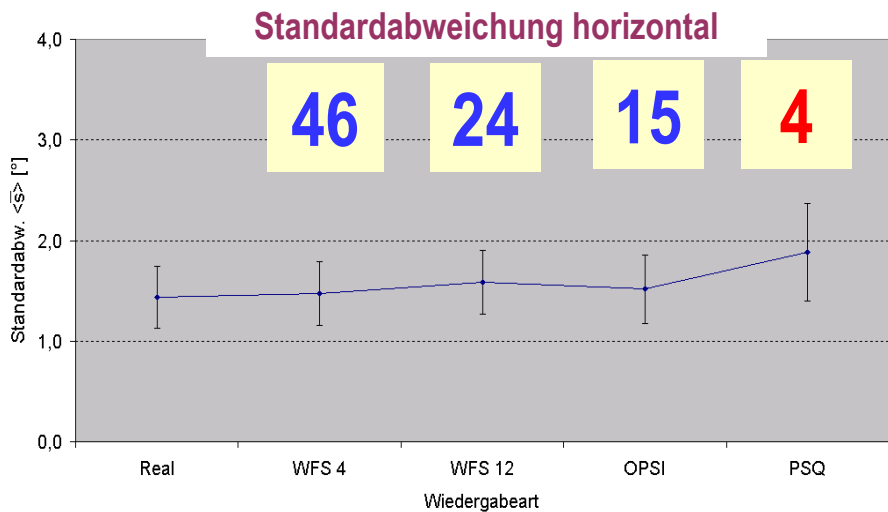
12 \* Woofer  $\Delta x = 12,6 \text{ cm}$

3 \* Tweeter  $\Delta x = 76 \text{ cm}$

*Prinzip: ausschliessliche Nutzung der fehlerfrei wiedergegebenen tiefen Frequenzbereiche ( $< f_{\text{alias}}$ ) mit WFS  
Vermeidung der WFS-Fehler bei hohen Frequenzanteilen durch Wiedergabe von Phantomschallquellen*

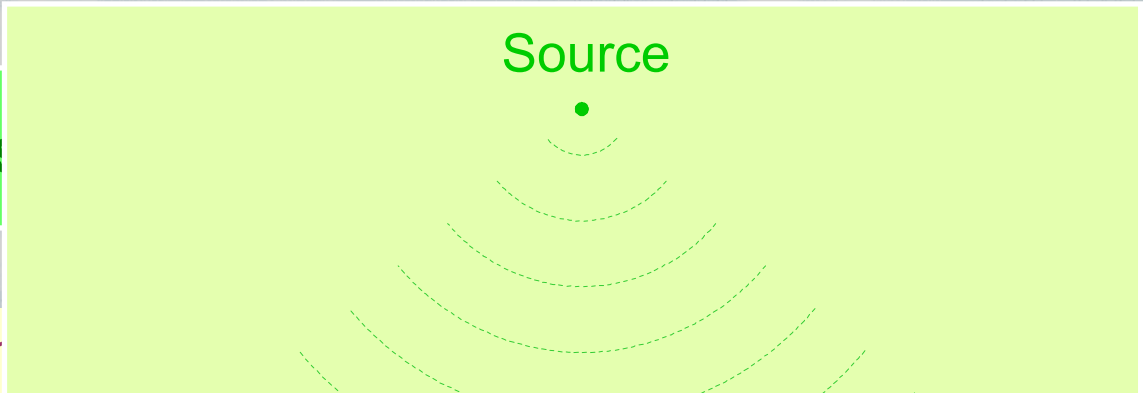
$f_{\text{alias}}$







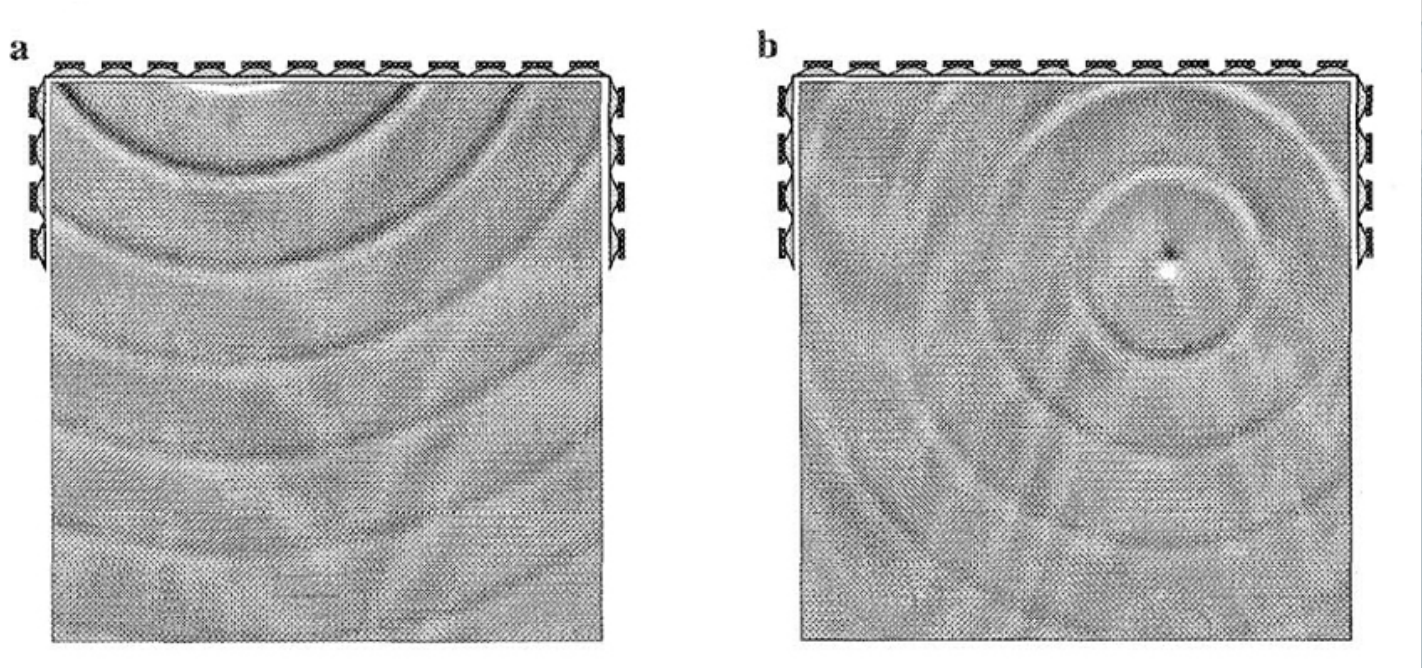
3. Dis



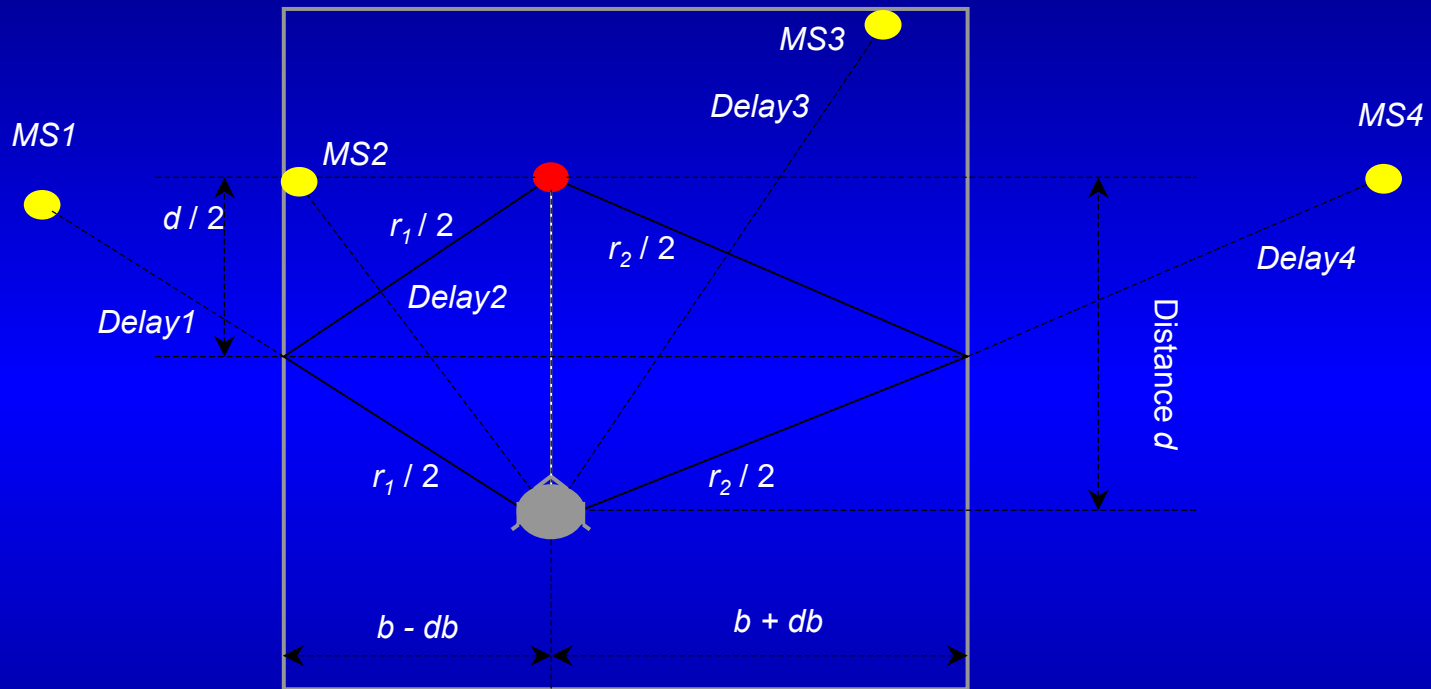
Für Distanzwahrnehmung

- relativ
- Hallen
- WFS** - zeitlich
- Refle
- WFS** - Krümmung
- andere

Korrekte Distanz  
Gesamtbild



## Position von Spiegelschallquellen



- = Direct sound
- = Virtual source for reflection

Quelle: Pellegrini

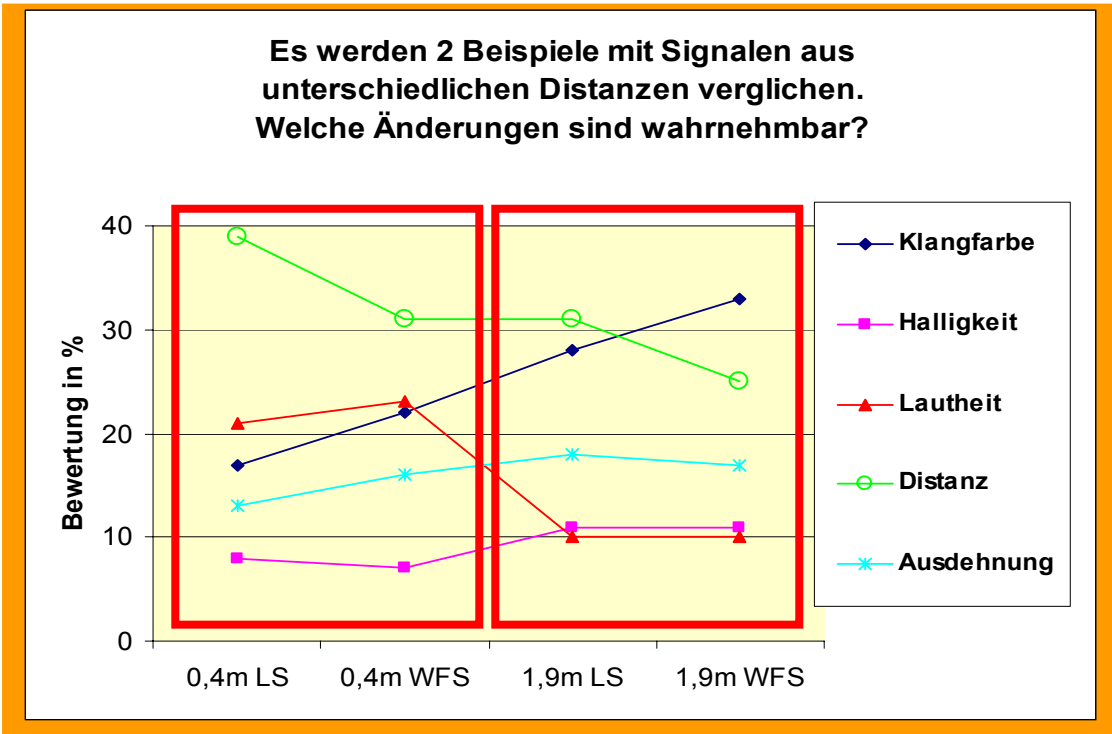
## 3. Distanz

- WFS verbessert die Distanzwahrnehmung stereofoner

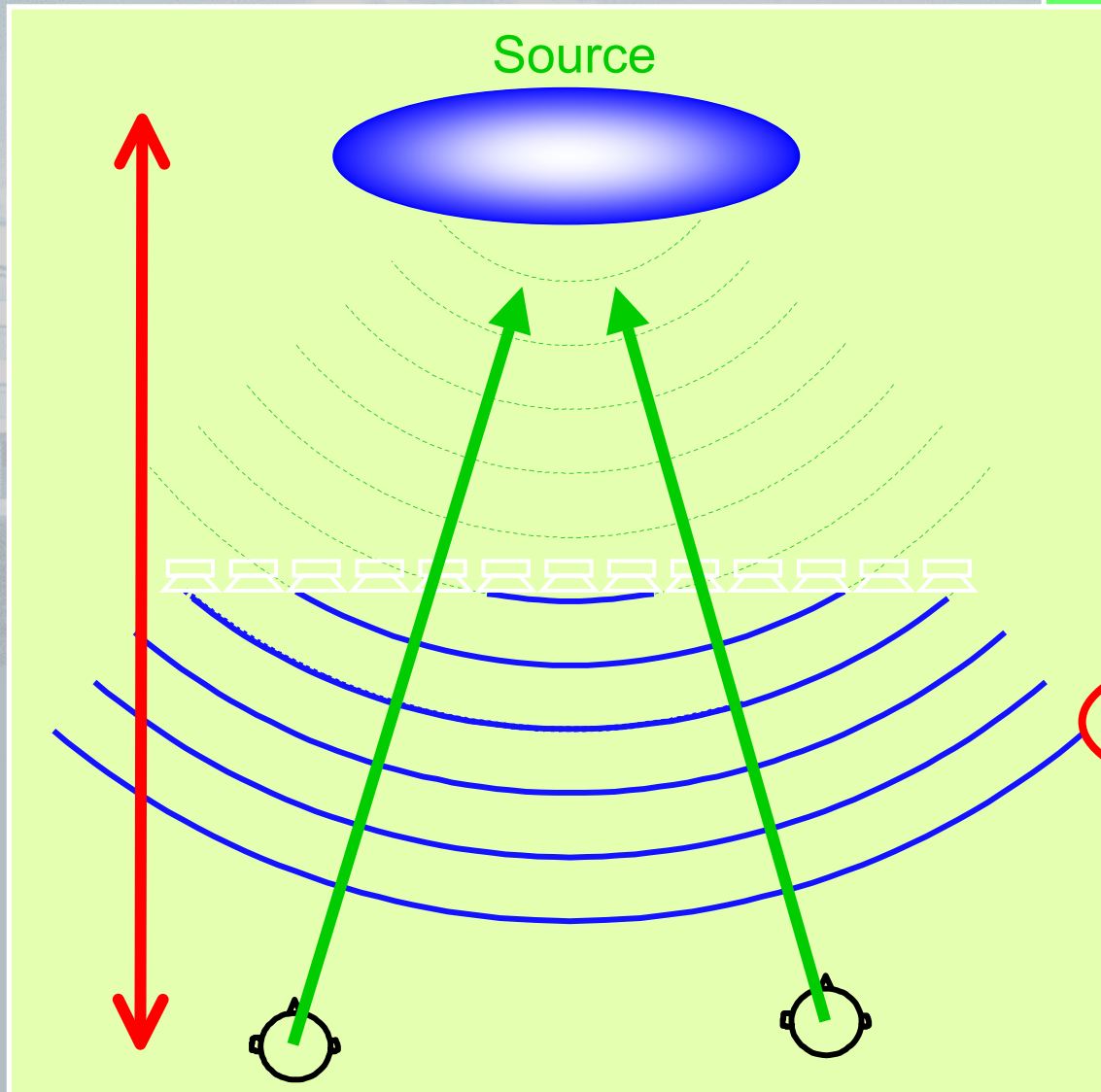
- WFS e  
- WFS e

→ Wie g  
IRT 200

ellung  
und der  
tive  
?







**Lokalisation:**

**Richtung** ○○○

**Schärfe** ○○○○

**Distanz** ○○○○

**Klangfarbe** ○○○○

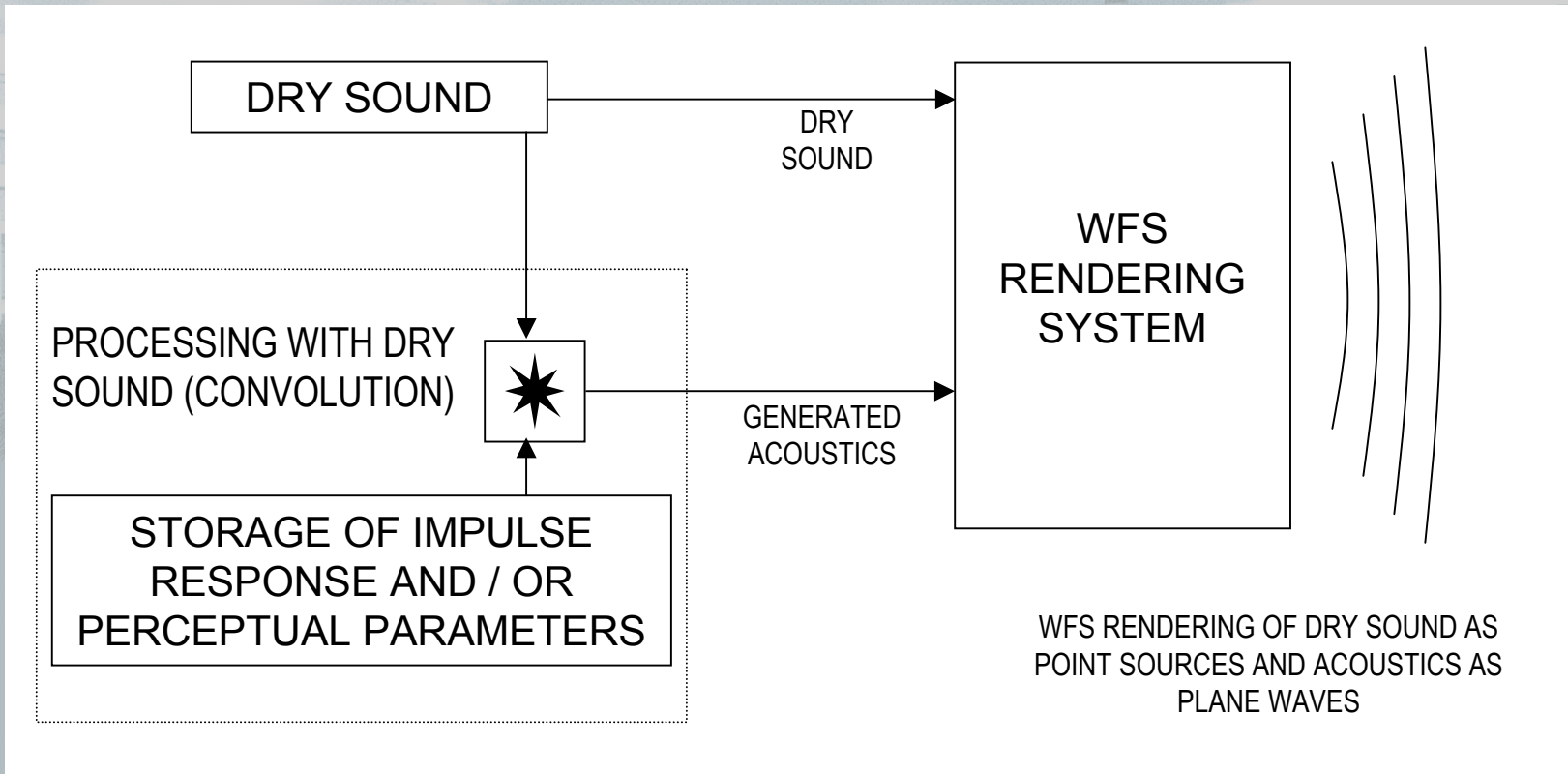
- Physikalische Eigenschaften der WFS
- Psychoakustische Eigenschaften der WFS



**WAHRNEHMUNG synthetisierter Schallfelder**

- **Auralisierung**: Nachbildung von virtuellen/echten Räumen
- **WFS und die DML-Technik**
  - WFS braucht die DML-Technik zur Durchsetzung
  - die DML-Technik braucht WFS zur Entzerrung
- **Erweiterung der Hörzone:**
  - Wiedergabe konventioneller Formate wie 5.1
  - Kino, Wohnzimmer ohne akustisch schlechte Plätze...
- **Der Tonmeister bzw. der Künstler und WFS**
  - **VPS-Technik**
  - neues Medium mit neuen künstlerischen Möglichkeiten



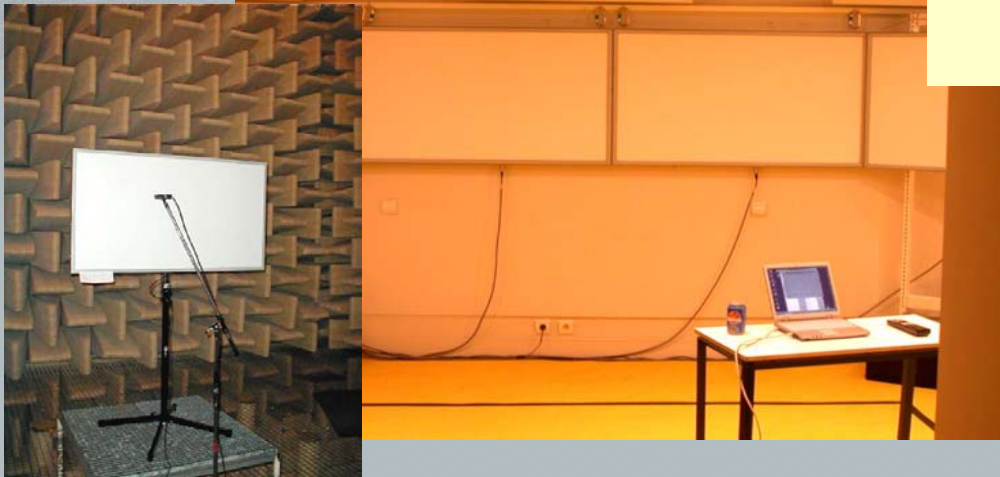




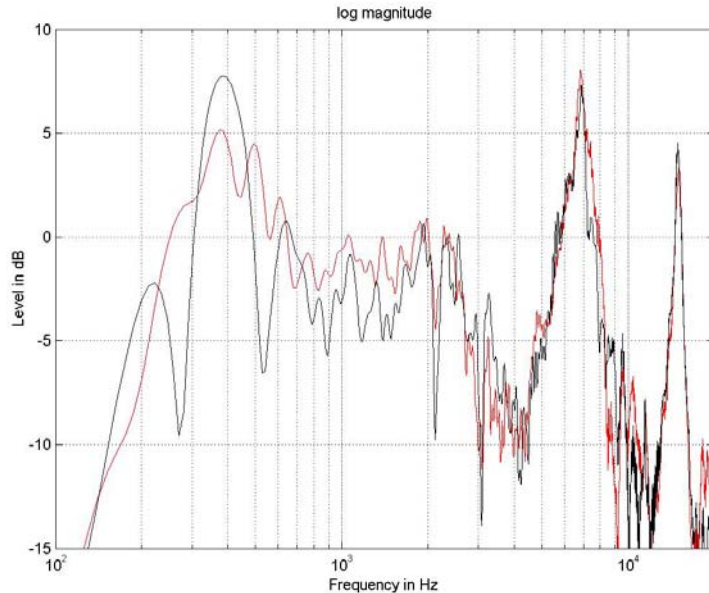




- Multi Actuator Panel (“MAP”) Loudspeakers
- DML-Technologie
- 8 Exciters pro Panel
- eine vibrierende Oberfläche mit 8 unabhängigen Kanälen
- als Projektionsfläche einsetzbar





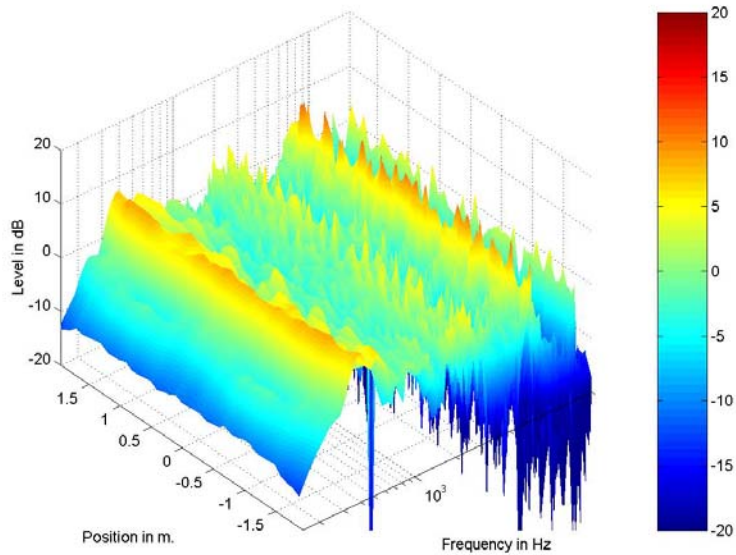


Übertragungsfunktion von zwei verschiedenen Excitern auf einem MAP-Panel

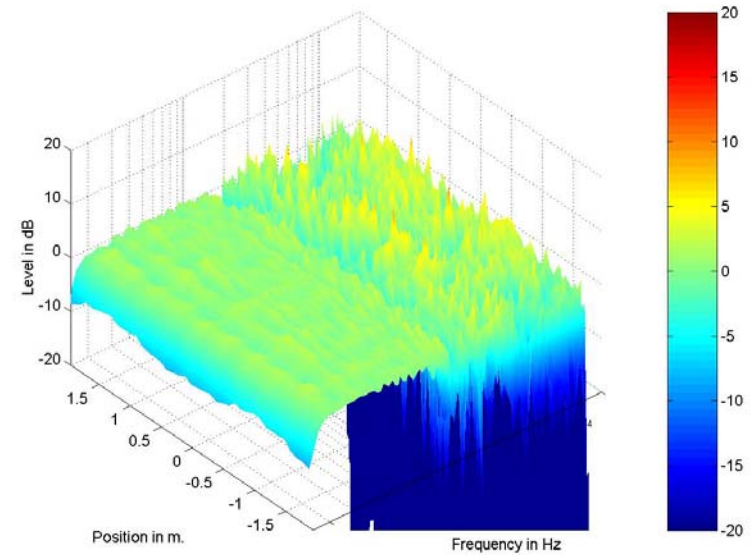
Quelle: E.Corteel, IRCAM

- Komplizierte Übertragungsfunktion
- Komplizierte Richtungsabhängigkeit
- ⇒ Bedarf an spezieller Entzerrungsmethode: Die Filter werden für jede virtuelle Quellenposition mit Hilfe eines Mikrofonarrays entworfen
- ⇒ Die Filter sind in einer Datenbank gespeichert und können in Echtzeit ausgelesen werden

Quelle: E.Corteel, IRCAM



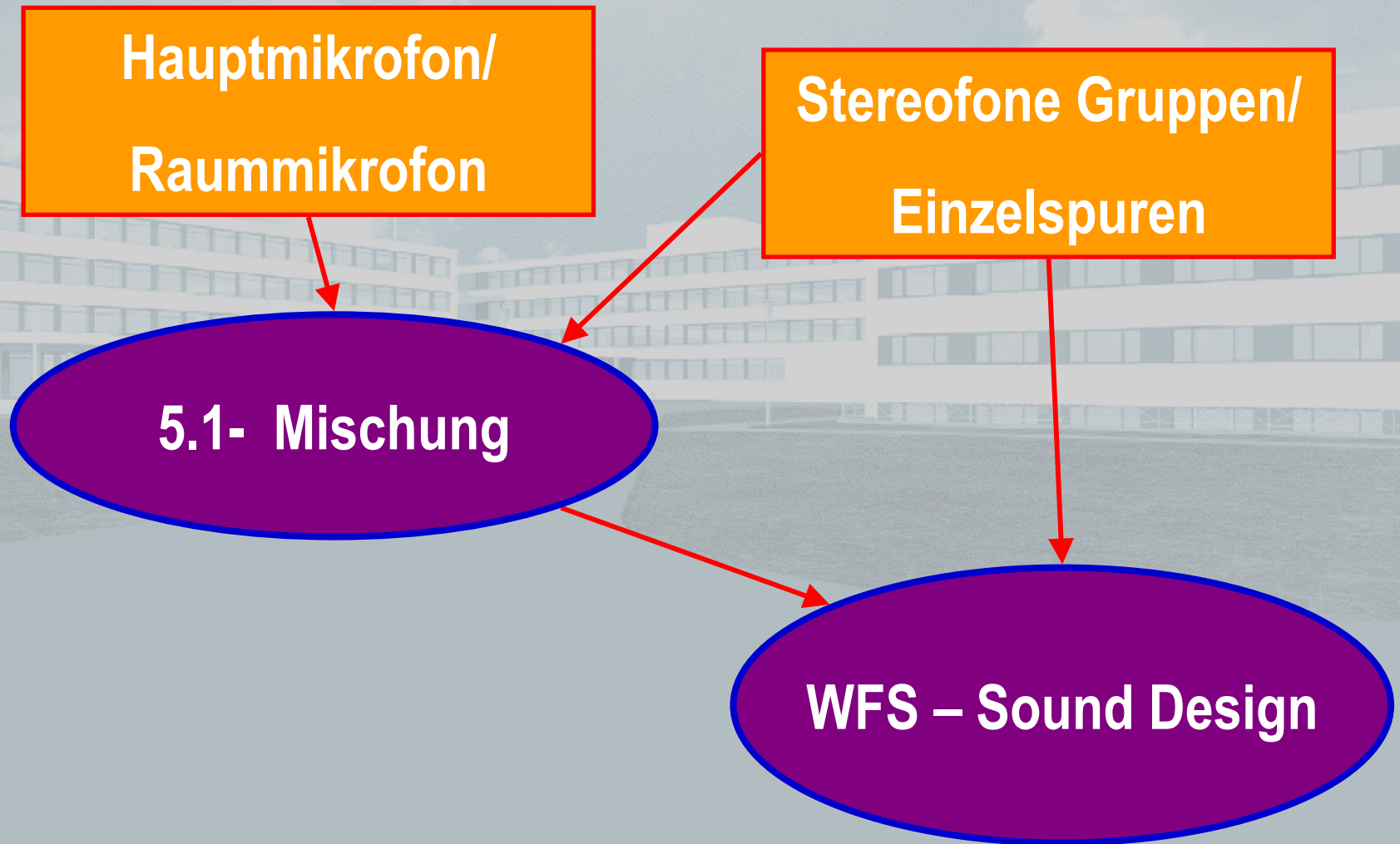
WFS-Übertragungsfunktionen entlang des Mikrofonarrays *ohne* Entzerrung



WFS-Übertragungsfunktionen entlang des Mikrofonarrays *mit* Entzerrung

Quelle: E.Corteel, IRCAM







Hauptmikrofon/  
Raummikrofon

Stereofone Gruppen/  
Einzelspuren

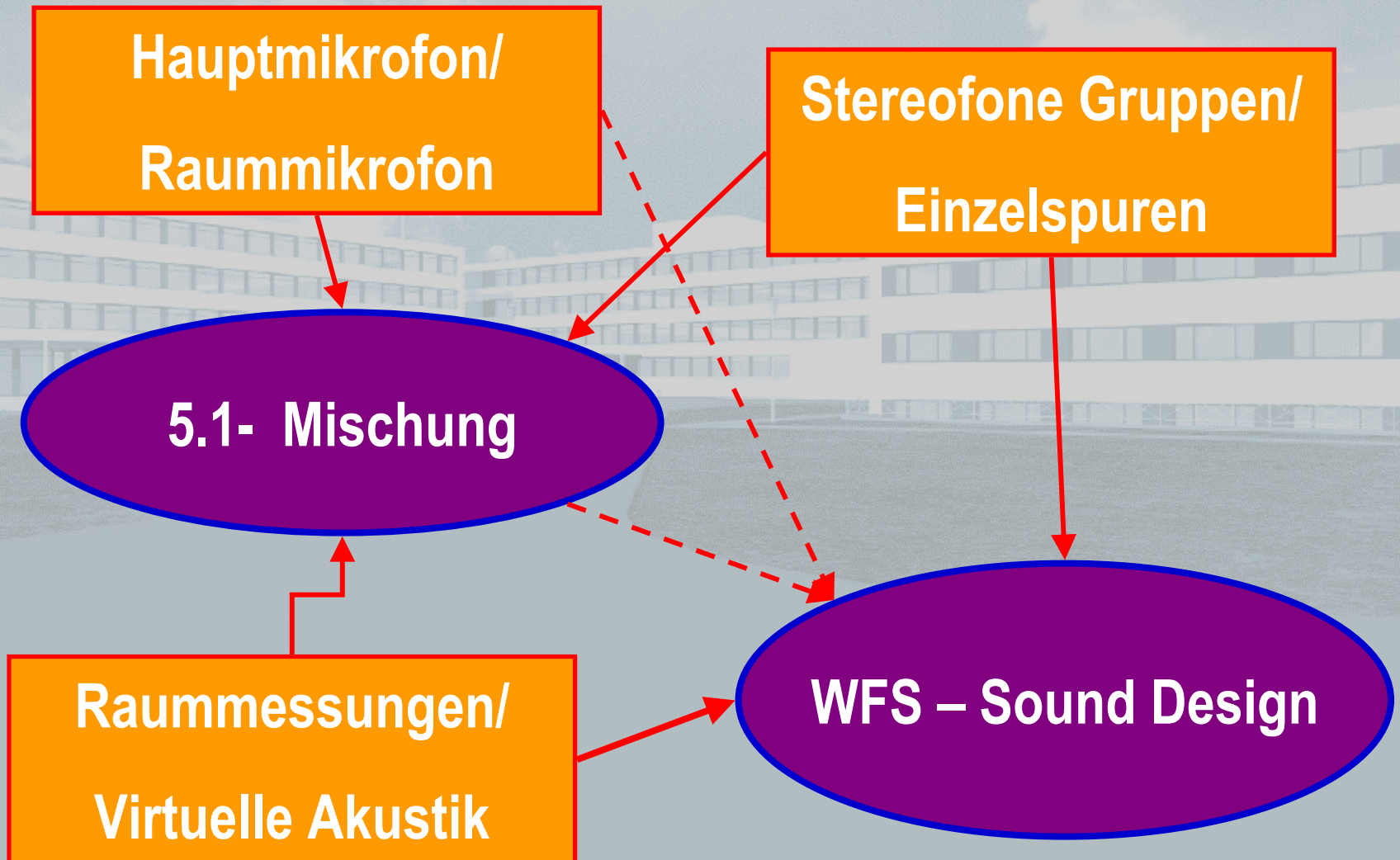
WFS – Sound Design

Hauptmikrofon/  
Raummikrofon

Stereofone Gruppen/  
Einzelspuren

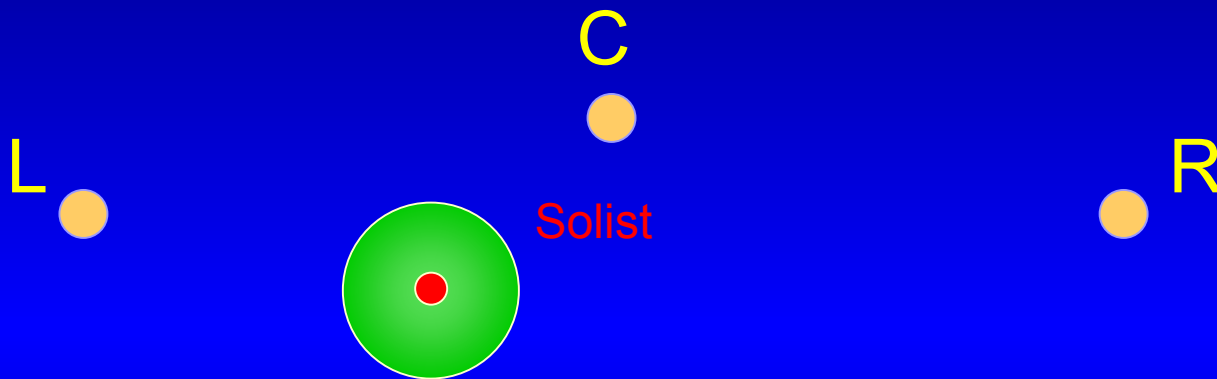
Raummessungen/  
Virtuelle Akustik

WFS – Sound Design



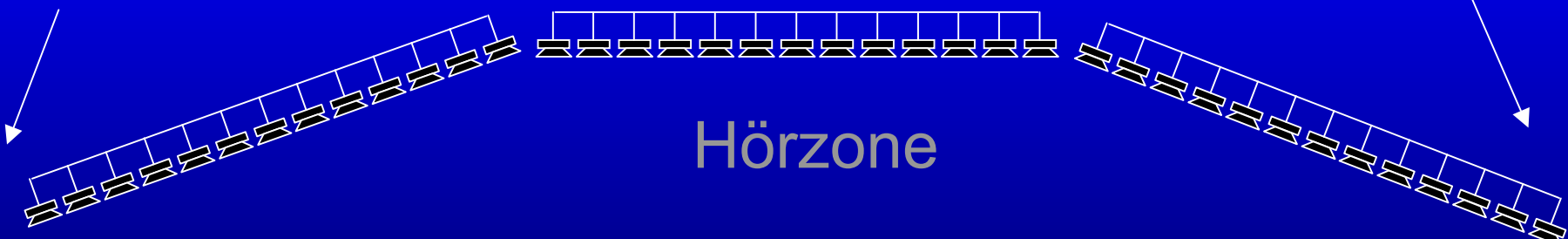


## 5.1 – Mix: Orchester



Ls

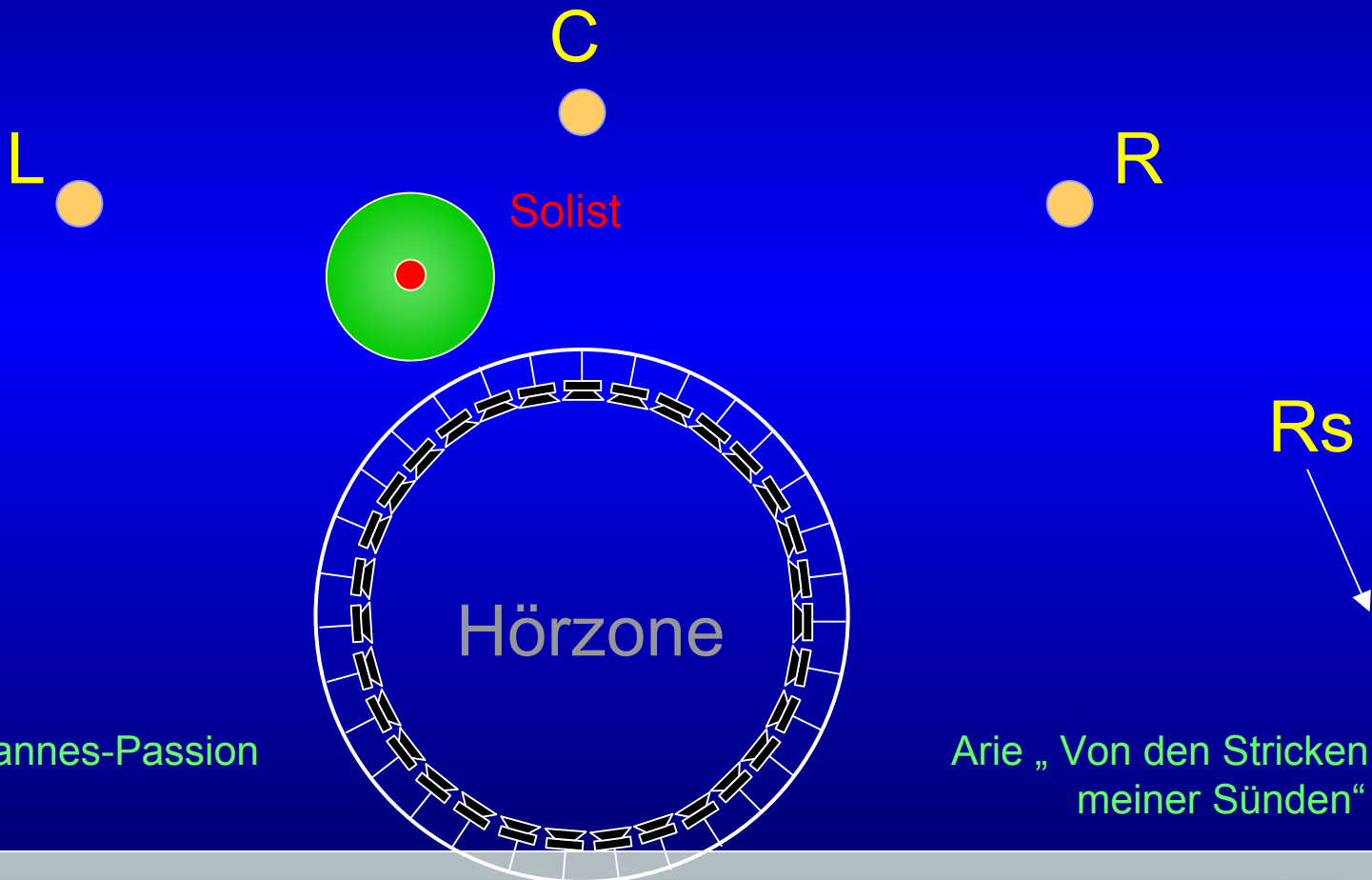
Rs

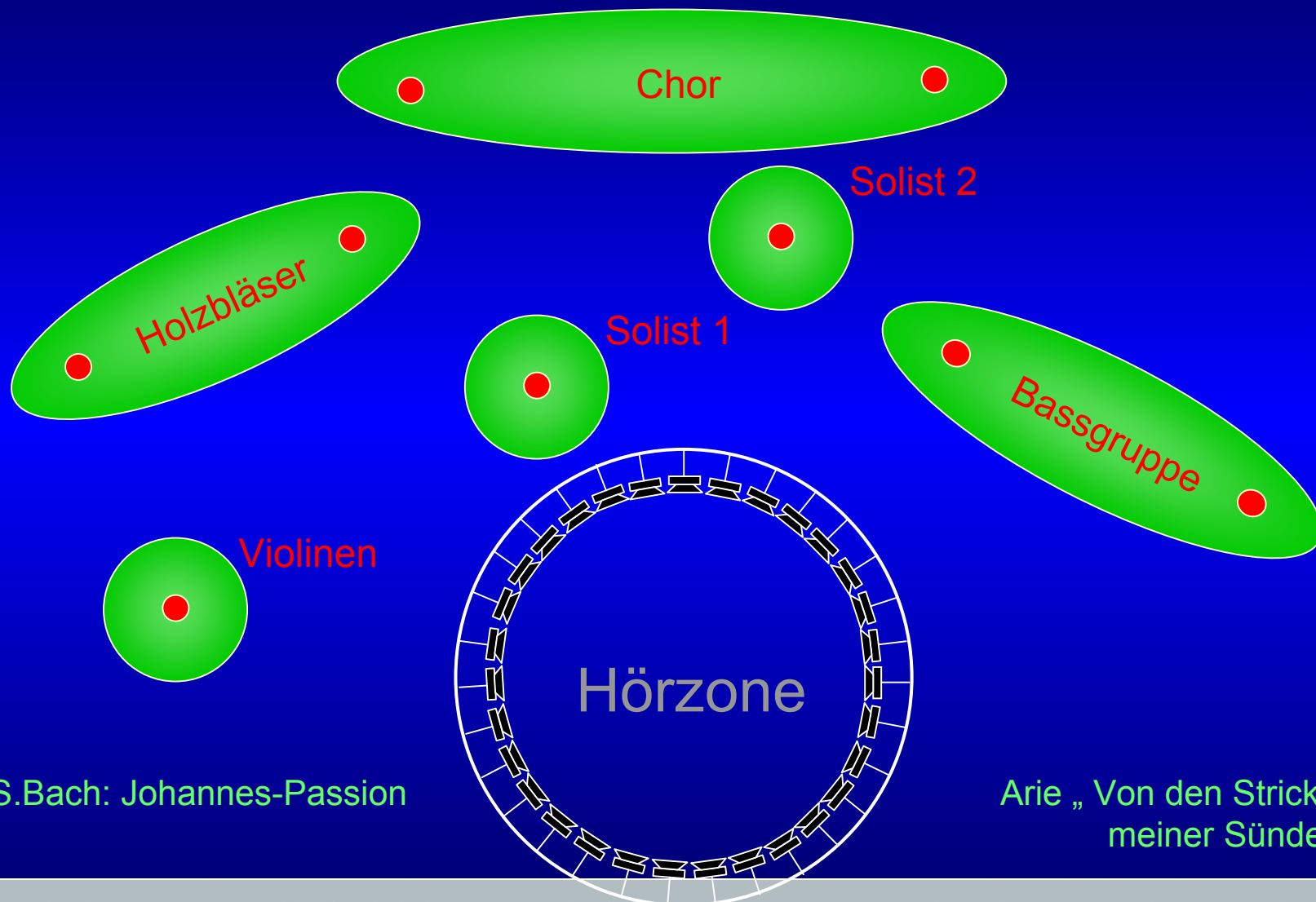


J.S.Bach: Johannes-Passion

Arie „ Von den Stricken  
meiner Sünden“

## 5.1 – Mix: Orchester





J.S.Bach: Johannes-Passion

Arie „Von den Stricken  
meiner Sünden“





## DEMONSTRATION im IRT-Tonstudio (Raum AE15)

**Jetzt** bis mind. 19 h: für alle Auswärtigen

**Morgen** 10 – 19 h: für alle, die am Gelände sind

Dauer: 2 - 5 min. (einzeln)

*Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!*