

Klangverfärbung in der Wellenfeldsynthese - Experimente und Modellierung

Hagen Wierstorf, Christoph Ende, Alexander Raake

Assessment of IP-based Applications, TU Berlin

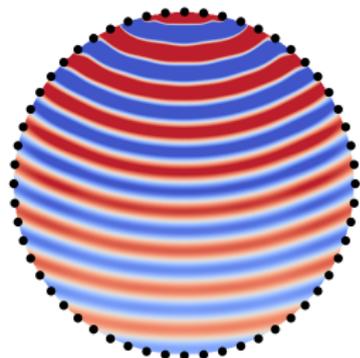
17. March 2015



Einleitung

- Synthetisiertes Schallfeld zeigt Fehler
⇒ Auswirkung auf Wahrnehmung?
- Lokalisation ist nur gering beeinträchtigt
(Wierstorf et al. 2014)
- Klangfarbe verändert sich
(Wittek 2007)

$f = 1 \text{ kHz}$
56 Lautsprecher



Wierstorf (2014), Perceptual Assessment of Sound Field Synthesis, PhD-thesis, Berlin

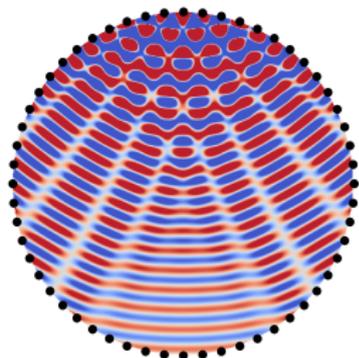
Wierstorf et al. (2014), Wahrnehmung künstlich erzeugter Schallfelder, DAGA

Wittek (2007), Perceptual differences between Wave Field Synthesis and stereophony, PhD-thesis, Surrey

Einleitung

- Synthetisiertes Schallfeld zeigt Fehler
⇒ Auswirkung auf Wahrnehmung?
- Lokalisation ist nur gering beeinträchtigt
(Wierstorf et al. 2014)
- Klangfarbe verändert sich
(Wittek 2007)

$f = 2 \text{ kHz}$
56 Lautsprecher



Wierstorf (2014), Perceptual Assessment of Sound Field Synthesis, PhD-thesis, Berlin

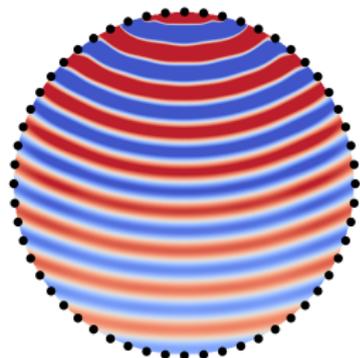
Wierstorf et al. (2014), Wahrnehmung künstlich erzeugter Schallfelder, DAGA

Wittek (2007), Perceptual differences between Wave Field Synthesis and stereophony, PhD-thesis, Surrey

Einleitung

- Synthetisiertes Schallfeld zeigt Fehler
⇒ Auswirkung auf Wahrnehmung?
- Lokalisation ist nur gering beeinträchtigt
(Wierstorf et al. 2014)
- Klangfarbe verändert sich
(Wittek 2007)

$f = 1 \text{ kHz}$
56 Lautsprecher



Wierstorf (2014), Perceptual Assessment of Sound Field Synthesis, PhD-thesis, Berlin

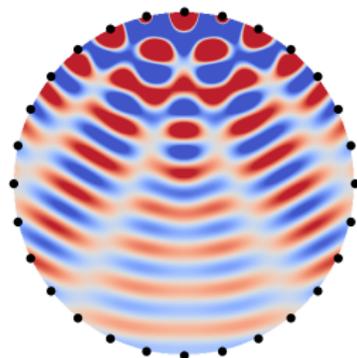
Wierstorf et al. (2014), Wahrnehmung künstlich erzeugter Schallfelder, DAGA

Wittek (2007), Perceptual differences between Wave Field Synthesis and stereophony, PhD-thesis, Surrey

Einleitung

- Synthetisiertes Schallfeld zeigt Fehler
⇒ Auswirkung auf Wahrnehmung?
- Lokalisation ist nur gering beeinträchtigt
(Wierstorf et al. 2014)
- Klangfarbe verändert sich
(Wittek 2007)

$f = 1 \text{ kHz}$
28 Lautsprecher



Wierstorf (2014), Perceptual Assessment of Sound Field Synthesis, PhD-thesis, Berlin

Wierstorf et al. (2014), Wahrnehmung künstlich erzeugter Schallfelder, DAGA

Wittek (2007), Perceptual differences between Wave Field Synthesis and stereophony, PhD-thesis, Surrey

Klangfarbe

Klangfarbe ist definiert als *das Attribut auditorischer Wahrnehmung, das einem Zuhörer erlaubt zwei nicht-identische Geräusche, ähnlich präsentiert und mit gleicher Lautheit und Tonhöhe, zu unterscheiden.* (ANSI 1994)

- was genau ist „ähnlich präsentiert“? (z.B. Emiroglu 2007)
- Klangfarbe ist multi-dimensional und dazugehörige Metrik nicht trivial

ANSI (1994), American National Standard Acoustical Terminology, ANSI S1.1-1994

Emiroglu (2007), Timbre perception and object separation with normal and impaired hearing, PhD-thesis, Oldenburg

Klangverfärbung

Klangverfärbung kann definiert werden als *die (wahrgenommene) Veränderung der Klangfarbe eines Hörereignisses*. (Brüggen 2001)

- hat oft negative Konnotation
- Konzertsaal führt zu einer gewünschten Klangverfärbung

Brüggen (2001), Klangverfärbungen durch Rückwürfe und ihre auditive und instrumentelle Kompensation, PhD-thesis, Bochum

Klangverfärbung und Wellenfeldsynthese

Warum kommt es zu Klangverfärbung in der Wellenfeldsynthese?

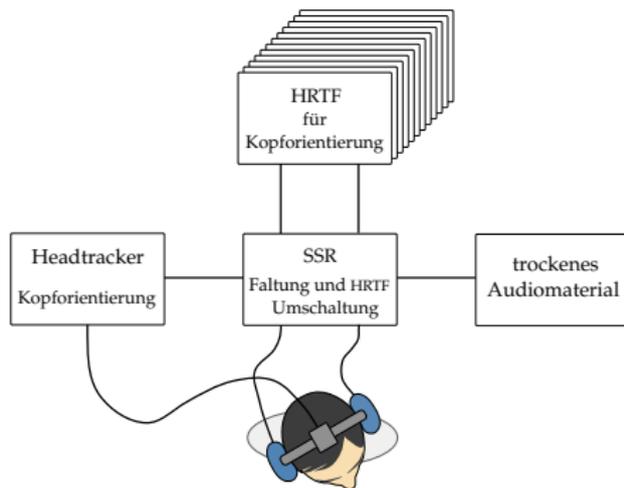
- WFS wird über Verschieben und Gewichten des selben Audiosignals implementiert
- \Rightarrow hoch-korrelierte Lautsprecher-signale
- \Rightarrow Kammfilter im Frequenzgang

Fragestellung:

- Abhängigkeit von **Lautsprecheranzahl**
- Abhängigkeit von **Zuhörerposition**

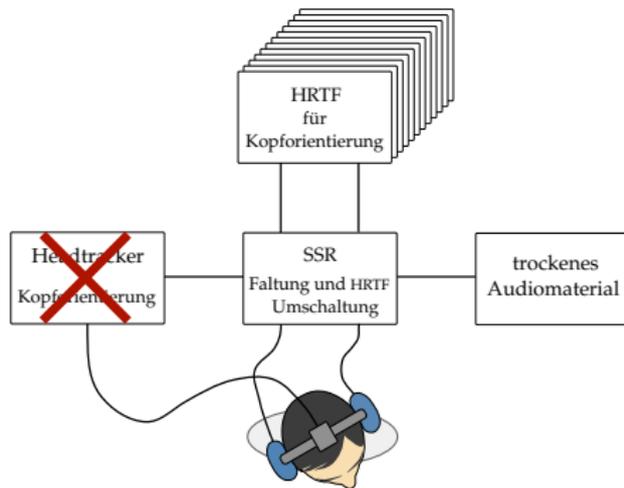
Methode

- 15 Versuchspersonen
- gepulstes rosa Rauschen + Sprache
- MUSHRA (12 Konditionen)
 - 1 Punktquelle als Referenz
 - 1 5 kHz Hochpass als tiefer Anker
 - 9 WFS
 - 1 Stereophonie
- statische Binauralsynthese mit nicht-individuellen HRTFs



Methode

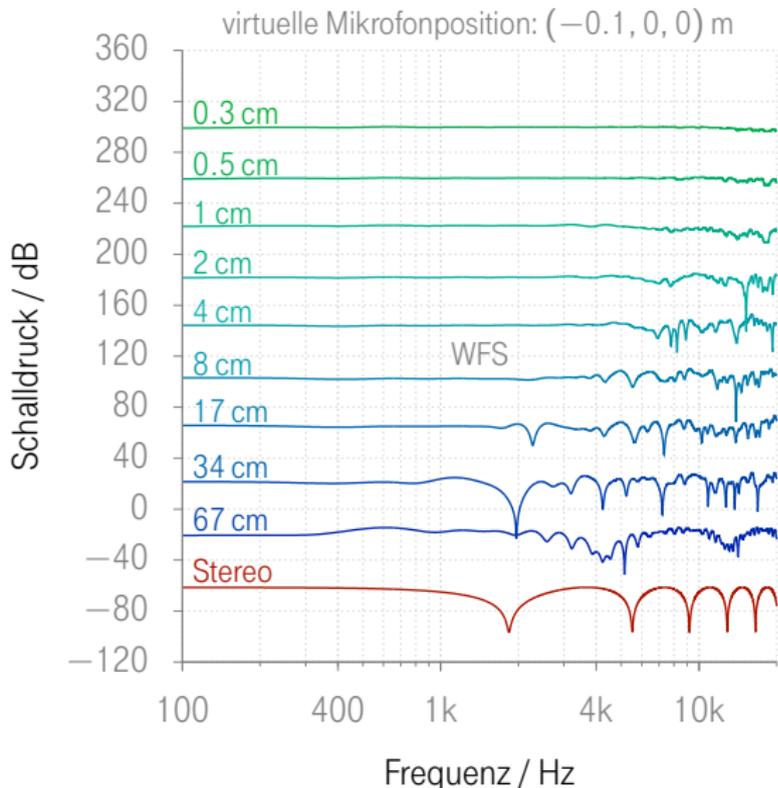
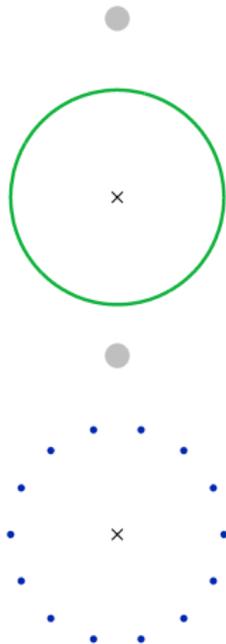
- 15 Versuchspersonen
- gepulstes rosa Rauschen + Sprache
- MUSHRA (12 Konditionen)
 - 1 Punktquelle als Referenz
 - 1 5 kHz Hochpass als tiefer Anker
 - 9 WFS
 - 1 Stereophonie
- **statische** Binauralsynthese mit nicht-individuellen HRTFs



simulierte Lautsprecher

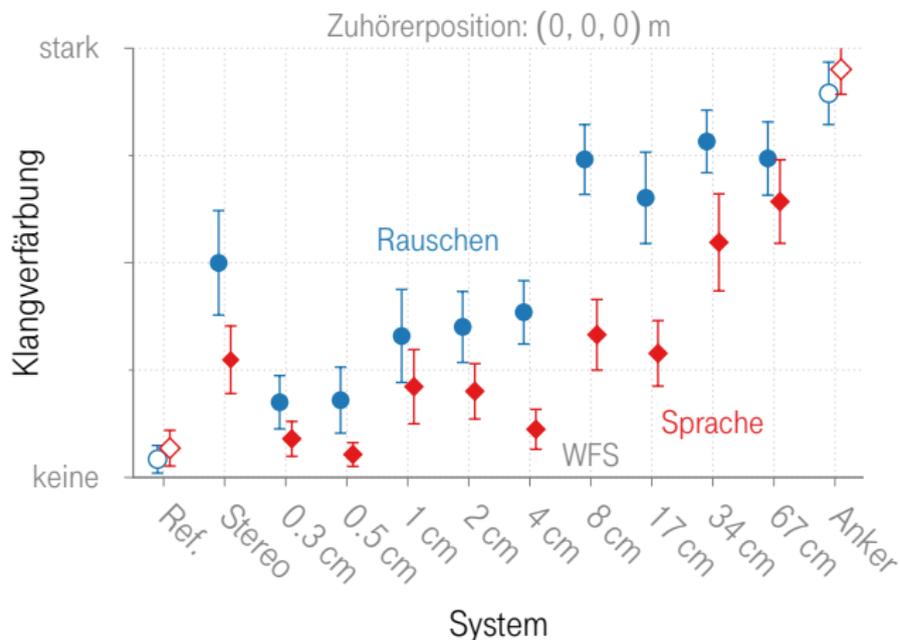
Klangverfärbung in Abhängigkeit der Lautsprecheranzahl

Aufbau



Klangverfärbung in Abhängigkeit der Lautsprecheranzahl

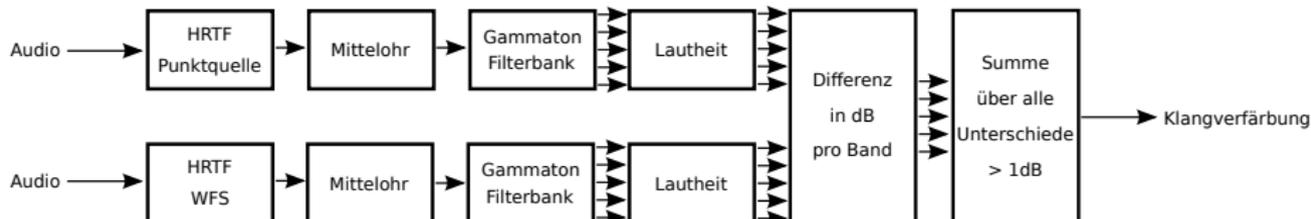
Ergebnisse



Modellierung

Methode

- Vergleich von Lautheit in kritischen Bändern (Pulkki 2001)
- Aufsummierung der Unterschiede (Ende 2014)



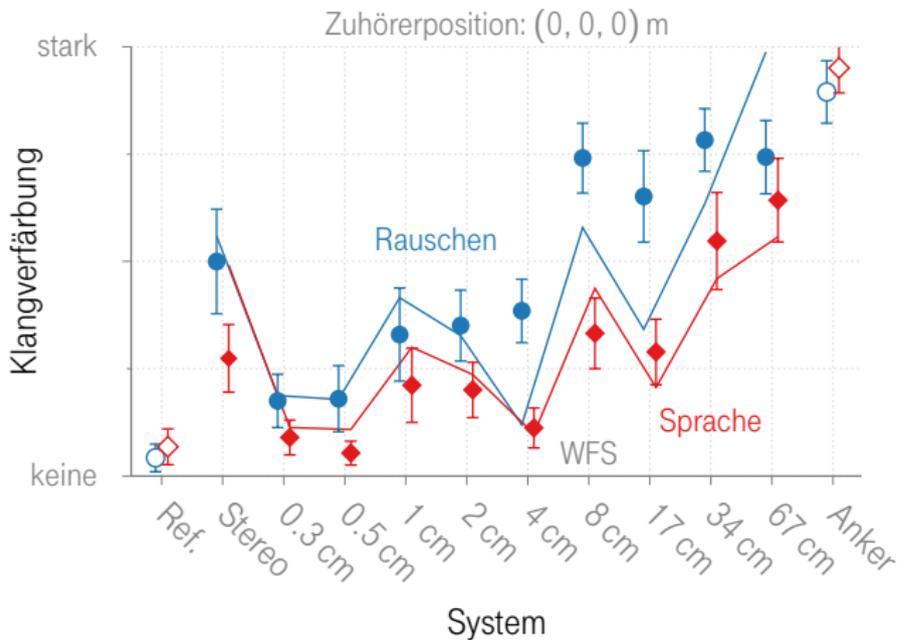
Pulkki (2001), Coloration of Amplitude-Panned Virtual Sources, JAES

Ende (2014), Auditorische Modellierung der Klangverfärbung in der Wellenfeldsynthese, Bachelorarbeit, TU Berlin

Decorsière et al. (2015), Two!Ears Auditory Front-End 0.8, <http://github.com/TWOEARS>

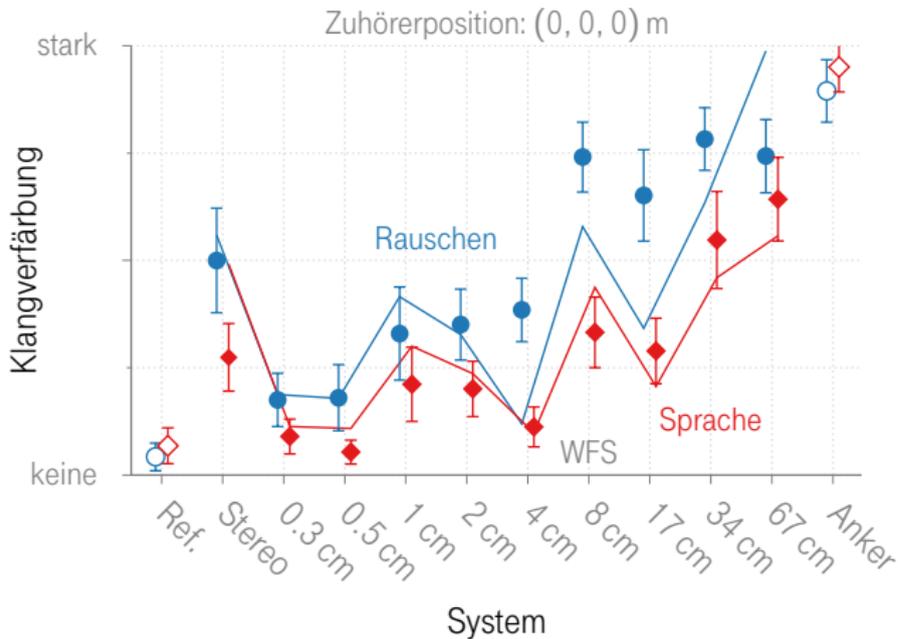
Modellierung

Ergebnisse



Modellierung

Ergebnisse



Moore und Tan (2004), Development and Validation of a Method for Predicting the Perceived Naturalness of Sounds Subjected to Spectral Distortion, JAES

Zusammenfassung

- Wellenfeldsynthese weist starke Klangverfärbung auf
- Abhängigkeit von Lautsprecherabstand
- Abhängigkeit von Zuhörerposition?
- Modellierung durch Lautheitsunterschiede in kritischen Bändern möglich

Fragen?

<http://twoears.eu>

<http://spatialaudio.net>

<http://gnuplotting.org>

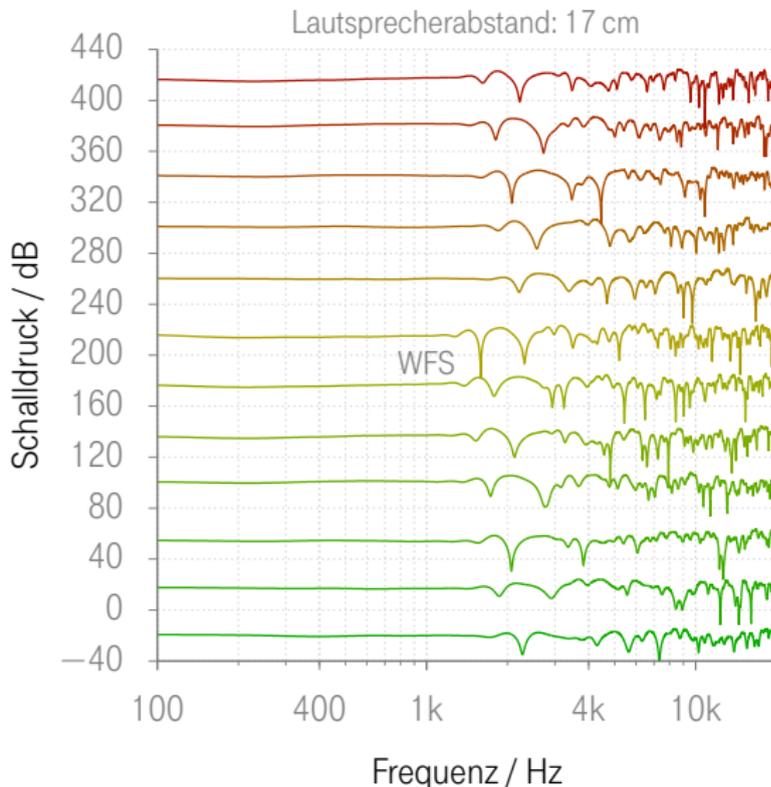
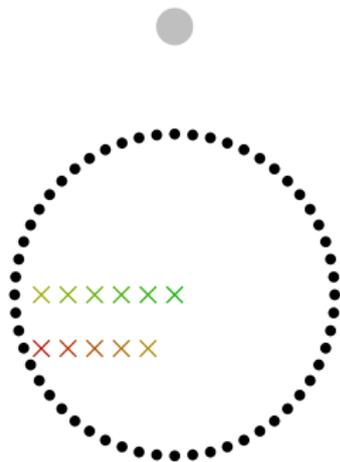


TWOEARS



Klangverfärbung in Abhängigkeit der Zuhörerposition

Aufbau



Klangverfärbung in Abhängigkeit der Zuhörerposition

Ergebnisse

