

# Die Rolle des Präzedenzeffektes bei der Wahrnehmung von räumlichen Aliasingartefakten bei der Wellenfeldsynthese

Hagen Wierstorf, Sascha Spors and Alexander Raake

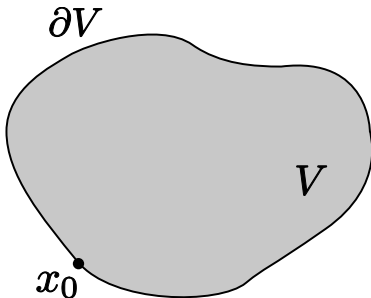
Deutsche Telekom Laboratories  
Quality and Usability Lab  
Technische Universität Berlin

17.03.2010

# Wellenfeldsynthese (WFS)

- Kirchhoff-Helmholtz Integral beschreibt die Möglichkeit das Schallfeld in einem Raum  $V$  durch Quellen an seinem Rand  $\partial V$  wiedergeben zu können
- WFS stellt eine Lösung unter der Annahme von Neumann Randbedingungen dar

$$P(\mathbf{x}, \omega) = \oint_{\partial V} \left[ G(\mathbf{x}|\mathbf{x}_0, \omega) \frac{\partial}{\partial \mathbf{n}} P(\mathbf{x}_0, \omega) - P(\mathbf{x}_0, \omega) \frac{\partial}{\partial \mathbf{n}} G(\mathbf{x}|\mathbf{x}_0, \omega) \right] dS_0$$



# Fokussierte Quellen

- Durch die Technik der zeit-inversen akustischen Fokussierung (Yon et al. 2003) ist es möglich Quellen im Zuhörerbereich zu erzeugen.
- Auf diese Weise wird vor dem Fokuspunkt das Feld einer Senke und dahinter das einer Quelle erzeugt

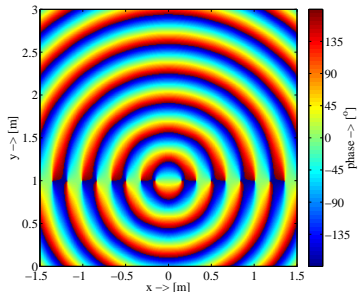


Abb.: Phase einer fokussierten Quelle eines Sinus mit einer Frequenz von 1 kHz

S. Yon, M. Tanter and M. Fink - Sound focusing in rooms: the time-reversal approach, JASA 2003

# Artefakte bei fokussierten Quellen und WFS

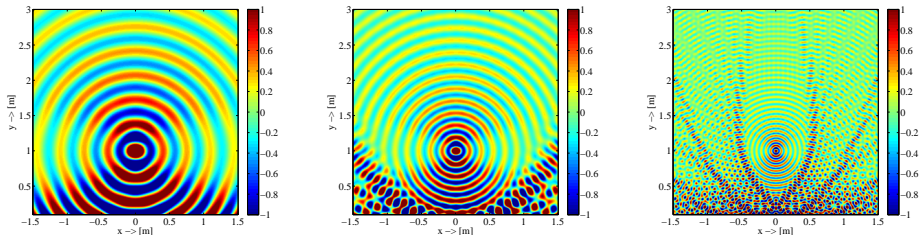


Abb.: Schallfeld der reproduzierten Wellenfelder für einen Sinus mit den Frequenzen 1 kHz, 2 kHz und 5 kHz.

- Es kommt zu einer Reihe von Artefakten im reproduzierten Wellenfeld durch die endliche Anzahl der Lautsprecher. Am deutlichsten bemerkbar ist das räumliche Aliasing durch den endlichen Abstand der Lautsprecher. (Spors et al. 2009)

S. Spors, H. Wierstorf, M. Geier and J. Ahrens - Physical and Perceptual Properties of Focused Sources in Wave Field Synthesis, 127<sup>th</sup> AES Convention 2009

# Vorechos bei fokussierten Quellen und WFS

- Räumliches Aliasing führt im Zeitbereich zu dem Auftreten von Vorechos für fokussierte Quellen.

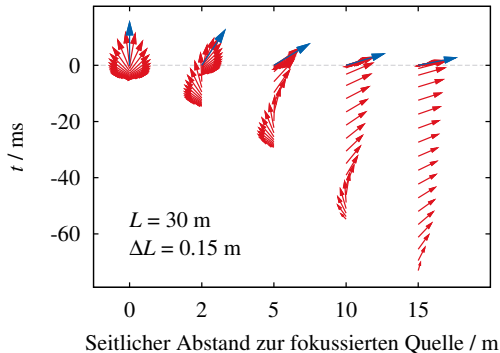
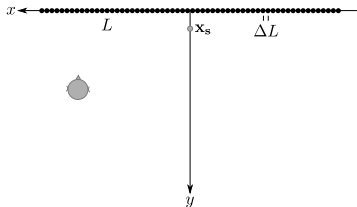


Abb.: Geometrie des Lautsprecherarrays

Abb.: Richtung und Amplitude in dB (Länge der Pfeile) der Vorechos

# Präzedenzeffekt

- Beschreibt die Dominierung der Wahrnehmung von zwei miteinander korrelierten Signalen durch das zeitlich frühere
- Echoschwelle, Lokalisations-Dominanz
- Bisherige Untersuchungen haben sich meistens auf ein oder zwei Echos beschränkt

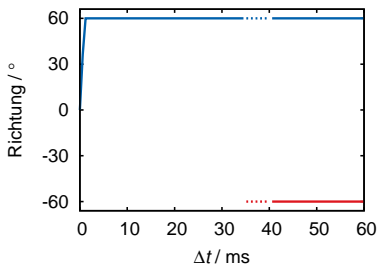
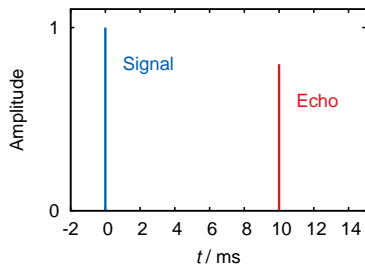
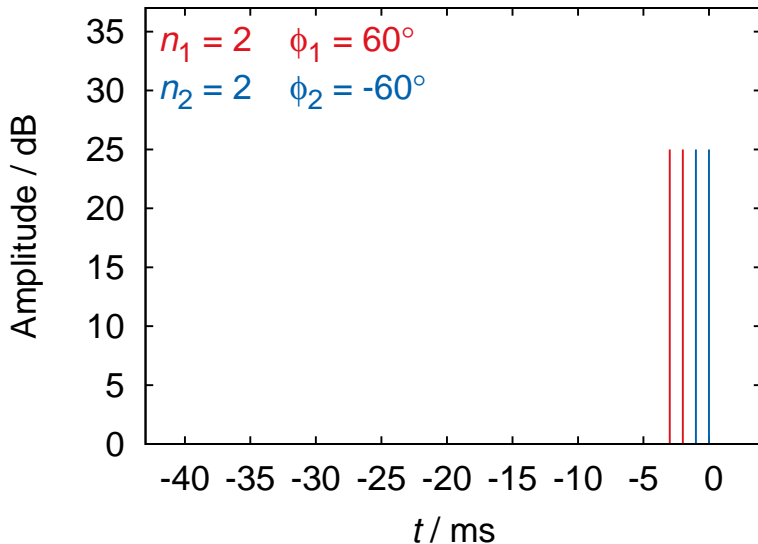
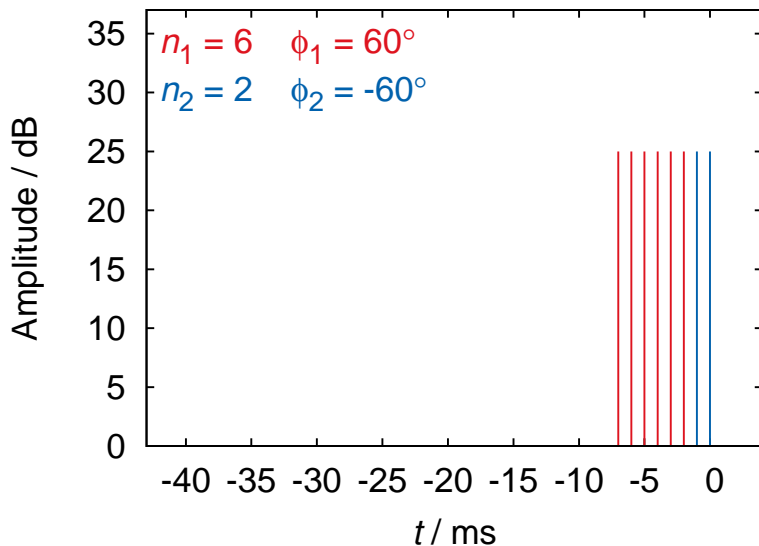


Abb.: Signal und Echo und der dabei auftretene Präzedenzeffekt

## Präzedenzeffekt bei vielen Echos

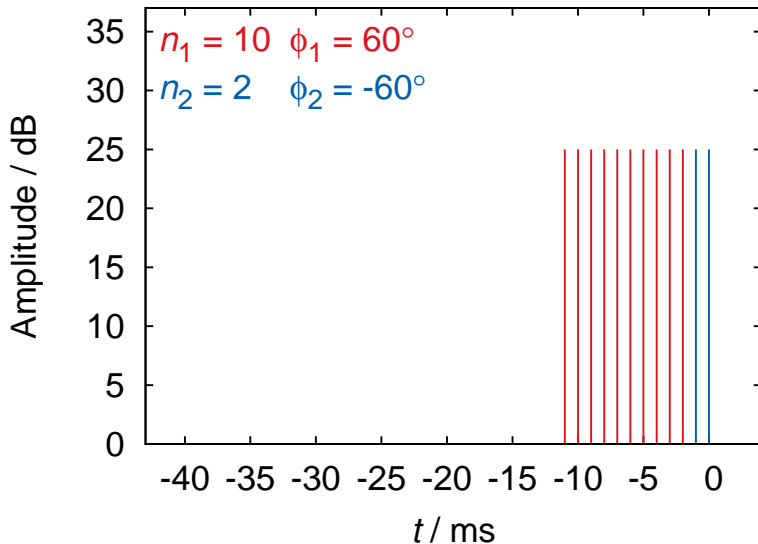


## Präzedenzeffekt bei vielen Echos

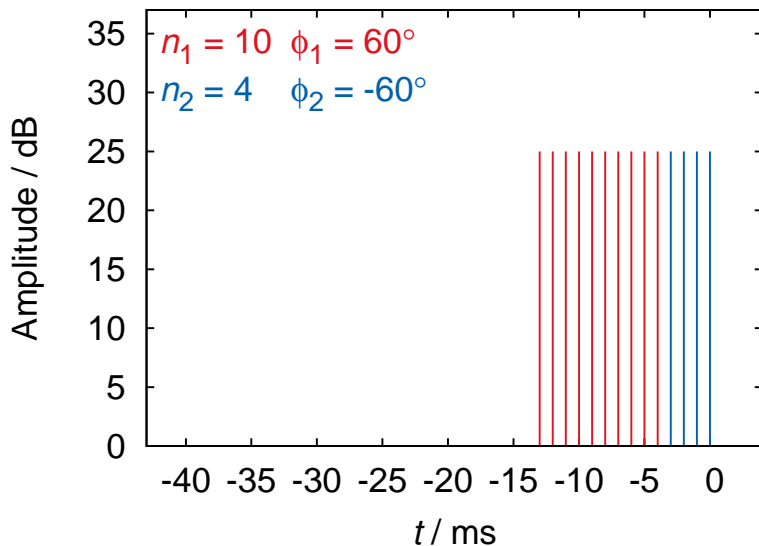




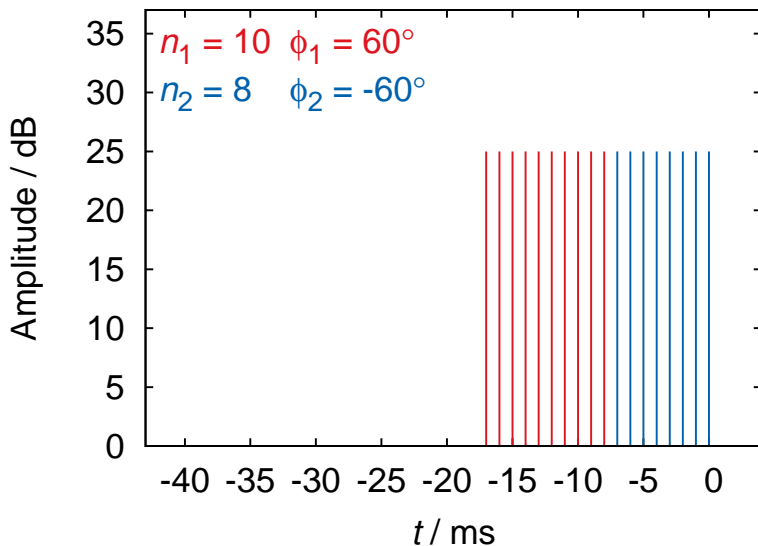
## Präzedenzeffekt bei vielen Echos



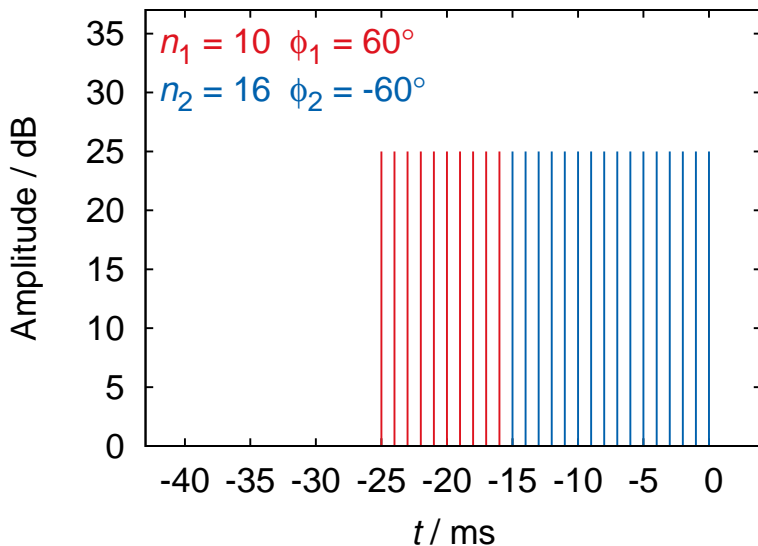
## Präzedenzeffekt bei vielen Echos



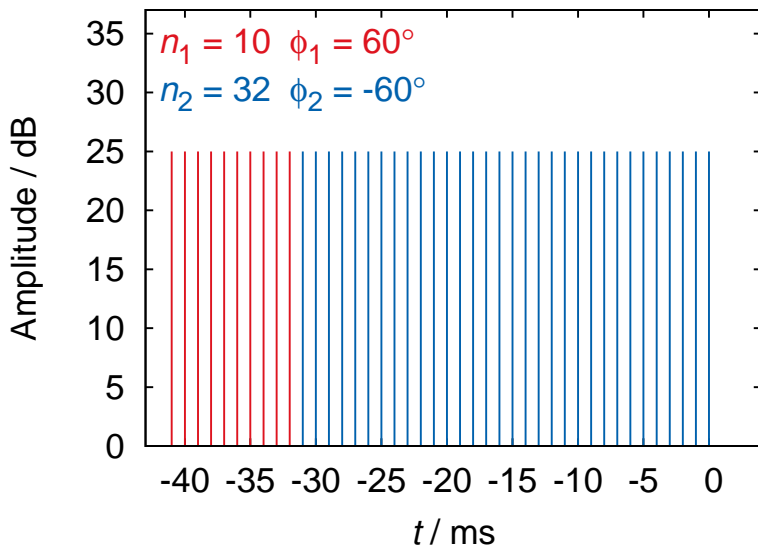
## Präzedenzeffekt bei vielen Echos



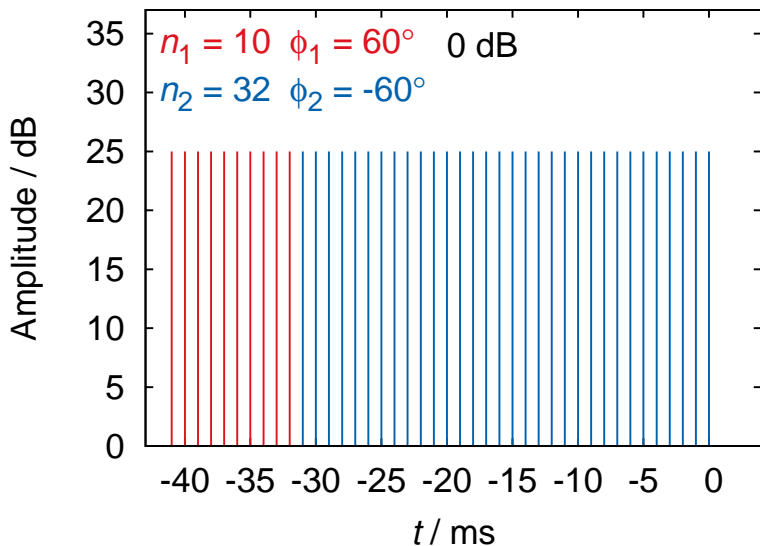
## Präzedenzeffekt bei vielen Echos



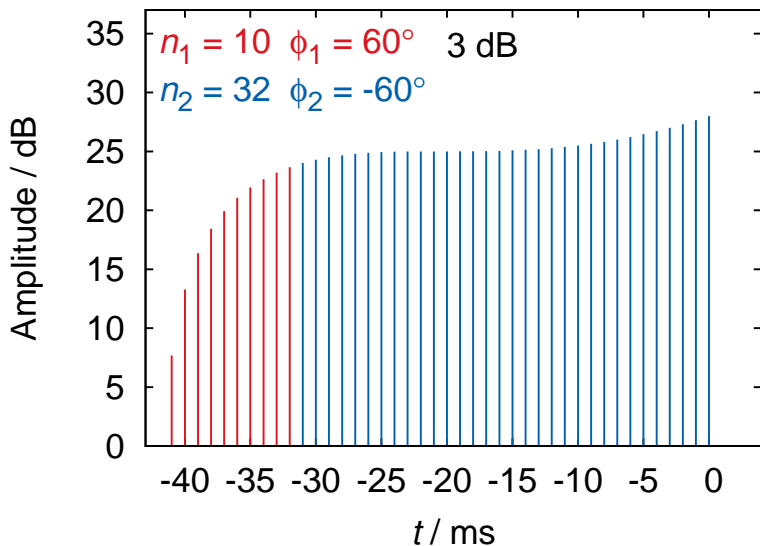
## Präzedenzeffekt bei vielen Echos



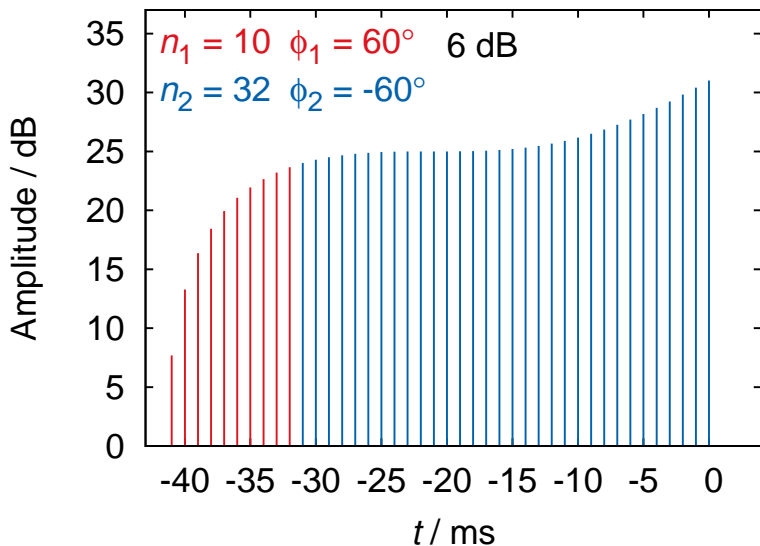
## Präzedenzeffekt bei vielen Echos



## Präzedenzeffekt bei vielen Echos

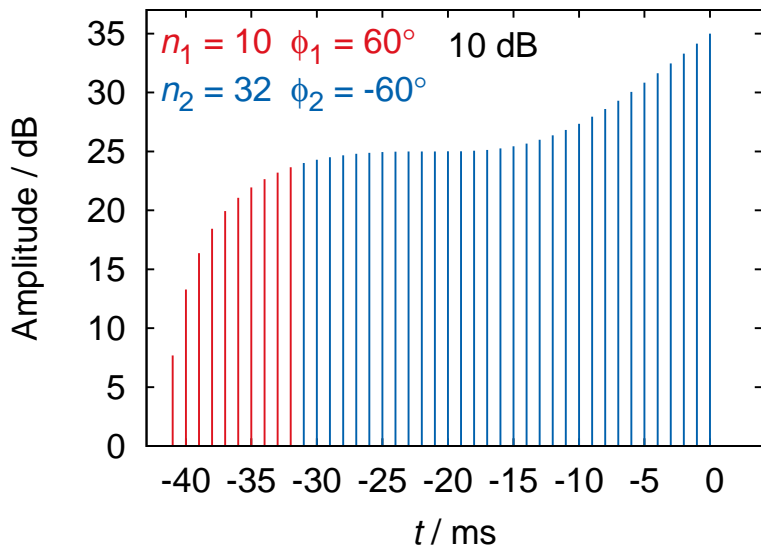


## Präzedenzeffekt bei vielen Echos





## Präzedenzeffekt bei vielen Echos



# Versuchsdesign

- 10 Versuchspersonen
- 0 dB, 10 dB jede Kondition 6x
- 3 dB, 6 dB jede Kondition 12x
- Sprache als Ausgangsmaterial
- Realisierung der Stimuli mit HRTF-Satz
- Darbietung mit Hilfe dynamischer binauraler Resynthese mit Hilfe des SoundScape Renderers und eines Headtrackers (Geier et al. 2008)

M. Geier, J. Ahrens and S. Spors - The SoundScape Renderer: A Unified Spatial Audio Reproduction Framework for Arbitrary Rendering Methods, 124<sup>th</sup> AES Convention 2008

# Versuchsdesign

- Darbietung als  
 $A = (\phi_1, \phi_2)$  und  $B = (\phi_2, \phi_1)$  oder  
 $A = (\phi_2, \phi_1)$  und  $B = (\phi_1, \phi_2)$   
(vgl. Dizon and Colburn 2006)
- Versuchspersonen mussten entscheiden, ob die Sprecherin in der Darbietung B eher von links oder eher von rechts kommt
- Dauer: 2x 30-45 Minuten

Play Stop Durchgang: 1/90

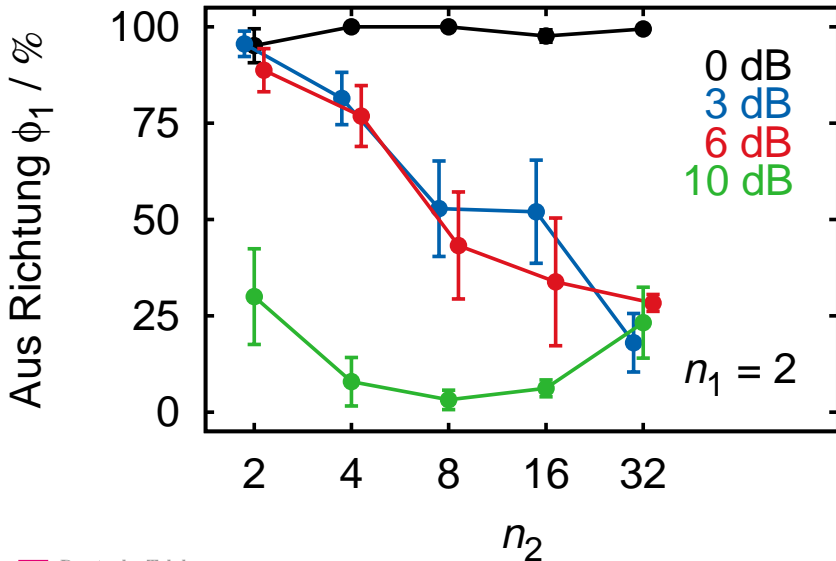
Bitte wählen Sie aus, ob die Sprecherin in B eher rechts oder eher links von A wahrgenommen wird:

A

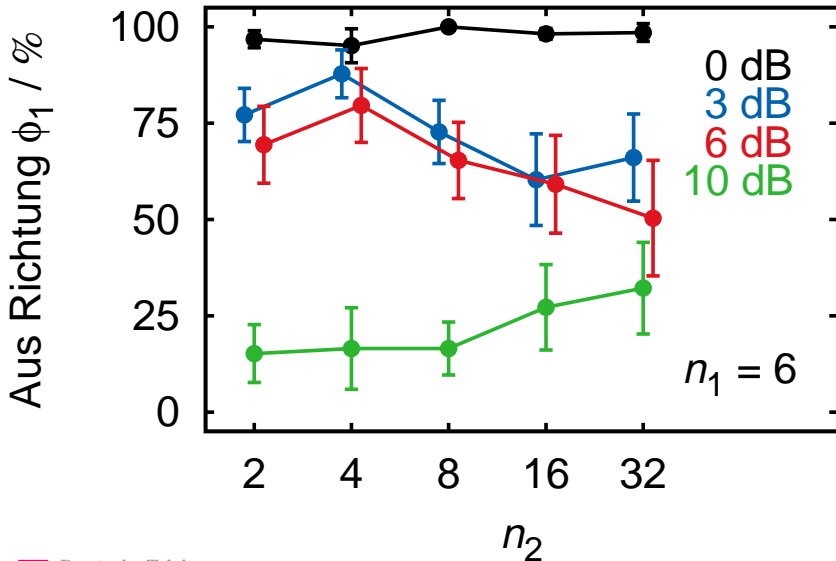
B Links Rechts

R. Dizon und S. Colburn - The influence of spectral, temporal, and interaural stimulus variations on the precedence effect

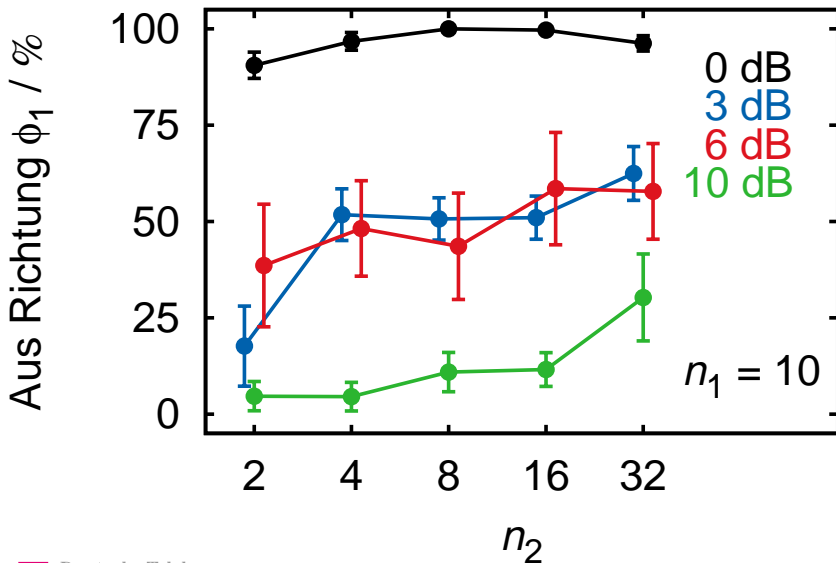
# Ergebnisse



# Ergebnisse



# Ergebnisse



## Fazit und ungeklärte Fragen

- Lokalisations-Dominanz hängt stark vom Amplitudenverlauf ab. Ein Schwellwert lässt sich für die 3 dB und 6 dB Konditionen bei ungefähr 8 ms finden
- Mit zunehmender Anzahl an Echos  $n_1$  wird eine klare Ortung schwieriger
- Bei  $n_1 = 10$  ist sogar eine “Umkehr” des Schwellenverlaufes zu beobachten
- Es stellt sich die Frage nach den Echoschwellen und den Richtungen der Echos und dem Zusammenhang zu der gefundenen Lokalisations-Dominanz
- Bei den fokussierten Quellen ist oft ein größerer Amplitudenunterschied als 10 dB anzutreffen