

Kopf- und Handzeigermethode in der Lokalisation von Schallquellen

(Localization of sounds using head and manual pointing methods)

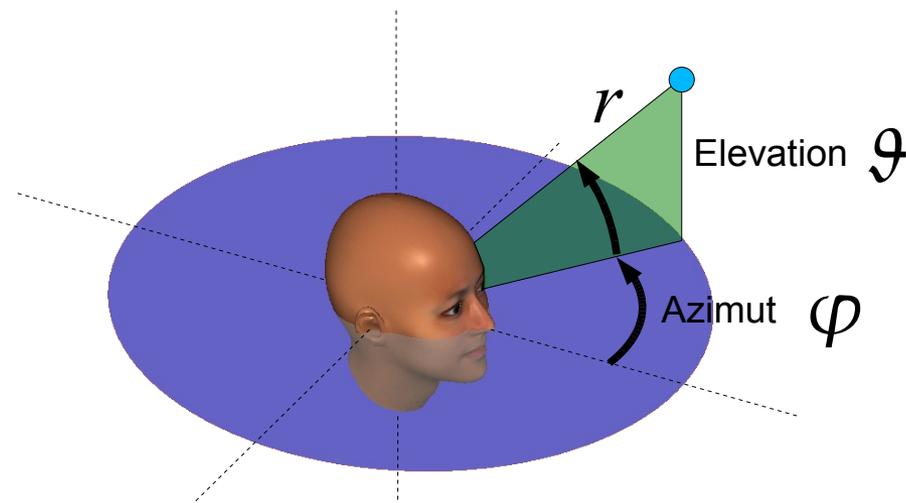
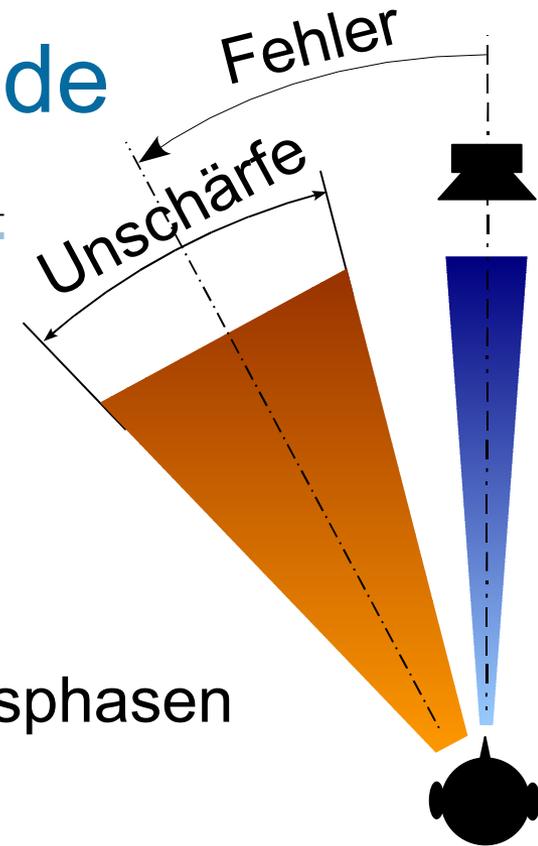
Piotr Majdak, Bernhard Laback, Matt Goupell

<http://www.kfs.oeaw.ac.at>

piotr@majdak.com

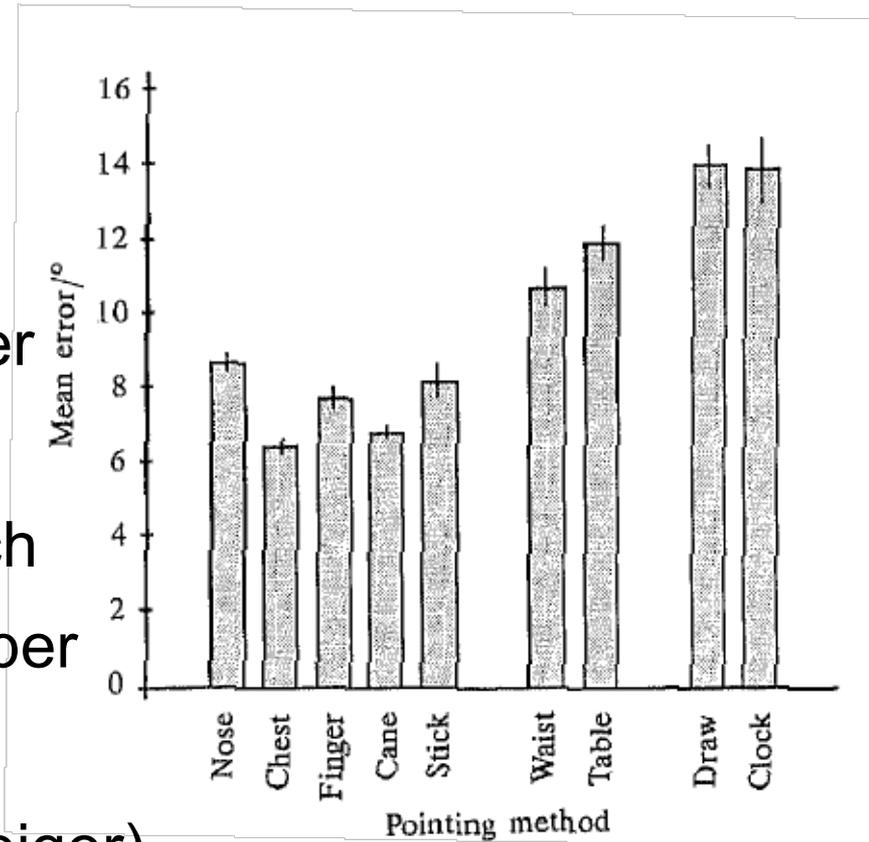
„Gute“ Lokalisationsmethode

- Genau in jeder Dimension
- Alle Positionen testbar
- Kein Einfluss der Richtungsangabe
- Bequem für die Versuchspersonen
- Kurze Eingewöhnungs- und Trainingsphasen
- Zu einer Lernprozedur erweiterbar



Richtungsangaben

- Haber et al. (1993):
 - Mit der Nase zeigen
 - Mit der Schulter
 - Mit dem Finger
 - Mit einem langen Zeiger
 - Mit einem kurzen Stift
 - Mit einem Rad am Tisch
 - Mit einem Rad am Körper
 - Richtung zeichnen
 - Verbale Angabe (Uhrzeiger)
 - **Blinde Versuchspersonen**



Effekt der Richtungsangaben

- Kopfzeiger:
 - Spontane Angabe, evolutionär bedingt
 - Visueller und akustischer Mittelpunkt sehr nahe zusammen (*reference frame*)
 - Sehr viel Literatur zum Vergleich (Middlebrooks, 1999)
- Handzeiger:
 - Bessere Hand besser als Kopf (Pinek & Brouchon, 1992)
 - Keine Unterschätzung der oberen Positionen, (Djelani et al., 2000)
 - Intuitive Methode für Angaben im 360°-Bereich, tägliches Training in der sozialen Interaktion

Effekt der visuellen Umgebung

- Visuelle Umgebung kann wichtig sein:
 - Berkinblit et al (1995): Mit Sicht des Fingers kleinere Fehler
 - Redon and Hay (2005): strukturierter Hintergrund verbessert die Zeigegegenauigkeit
 - Lewald et al (2000): Kopfzeiger blind: überschätzte Positionen, mit Sicht: besser.
 - Zahorik et al. (2006): Vorne/Hinten-Verwechslung schnell reduziert bei Verwendung vom visuellem Feedback
- **Keine** Studien mit strukturierter visueller Umgebung, indiv. HRTFs und virtueller Akustik

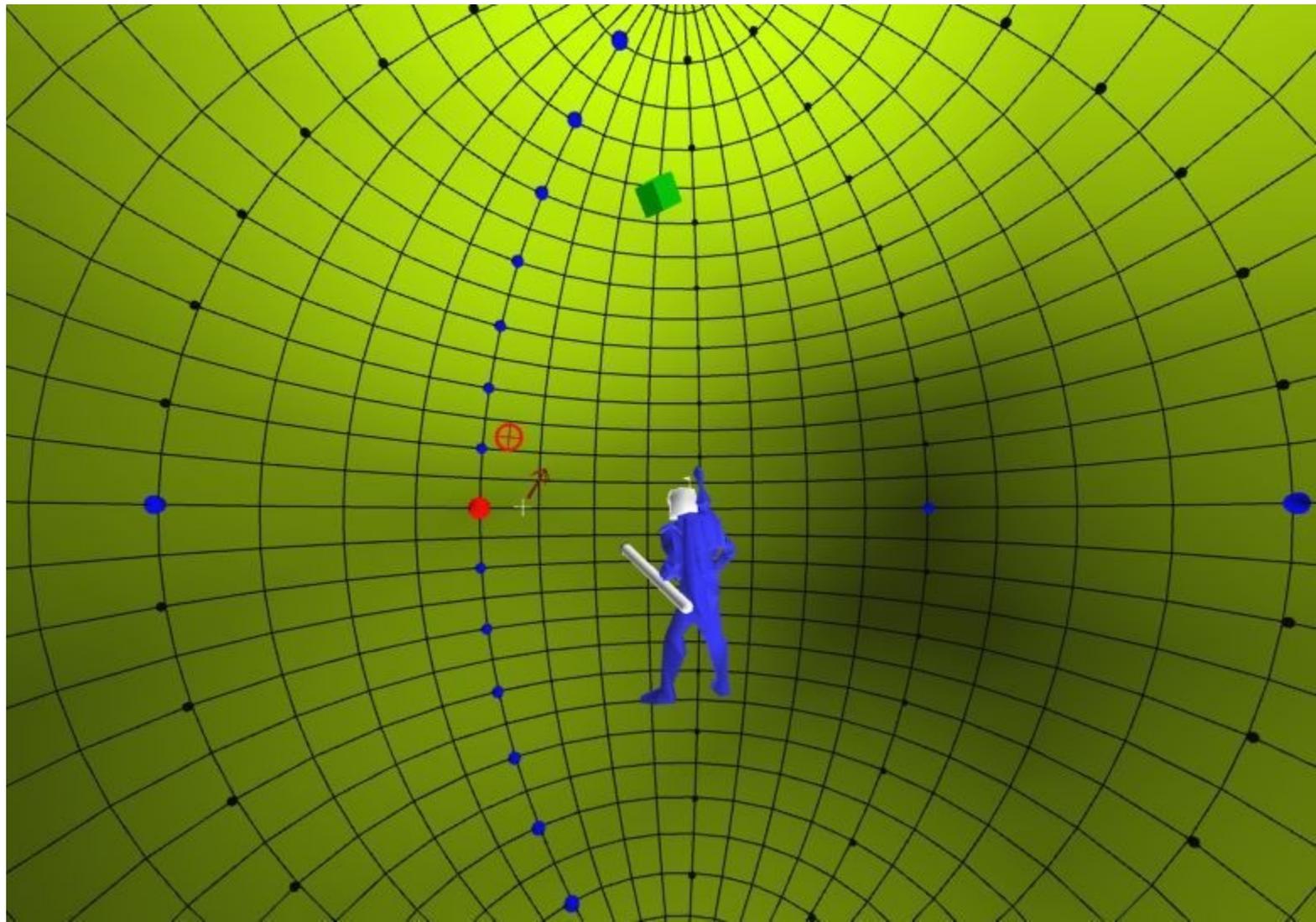
Hypothesen und Testbedingungen

- Hypothesen:
 - Höhere Genauigkeit mit visueller Umgebung
 - Höhere Fehler für extreme Positionen mit Kopfzeiger
 - Längere Lernphase mit Handzeiger
- Variable „visuelle Umgebung“:
 - In Dunkelheit (Dark)
 - In virtueller visueller Umgebung (HMD)
- Variable „Positionsangabe“:
 - Kopfzeiger (Head)
 - Handzeiger (Manual)

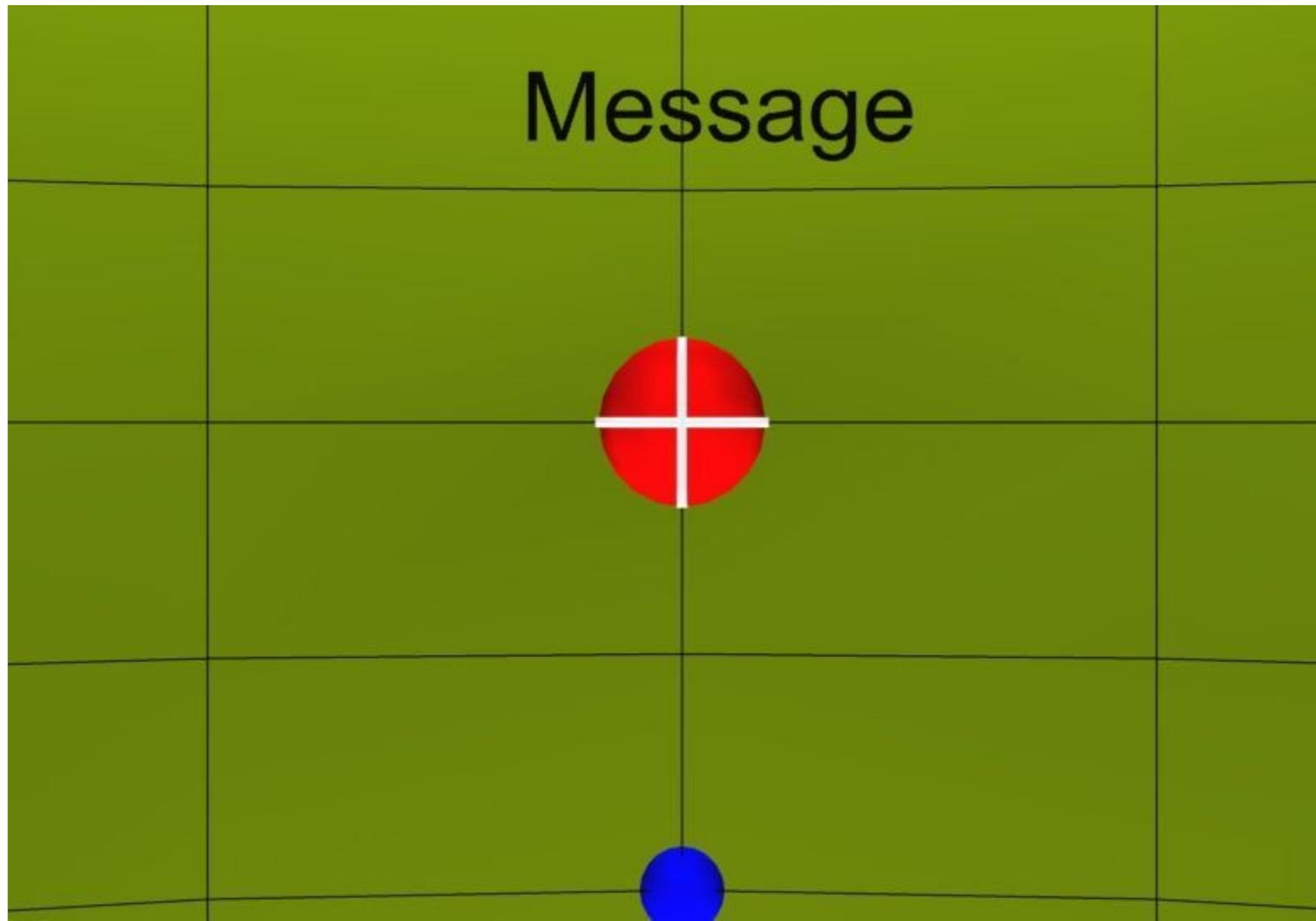
Equipment

- Virtuelle visuelle Umgebung (VE):
 - Darbietung über ein „head mounted display“ (HMD):
 - Sicht: 32° x 24° (hor. x vert.)
 - Auflösung: 800 x 600 pixel (hor. x vert.), in Farbe
 - Stereoskopisch aber **keine Tiefe**
 - In dunkler Schallkammer
- Virtuelle akustische Umgebung:
 - Darbietung über Kopfhörer (Sennheiser HD 520)
 - in Schallkammer (background noise: 18 dB(A) SPL)
 - individuelle Head Related Transfer Functions (HRTF)

Virtuelle visuelle Umgebung



Virtuelle visuelle Umgebung



Visualisierung der Richtungsangaben



Plattform



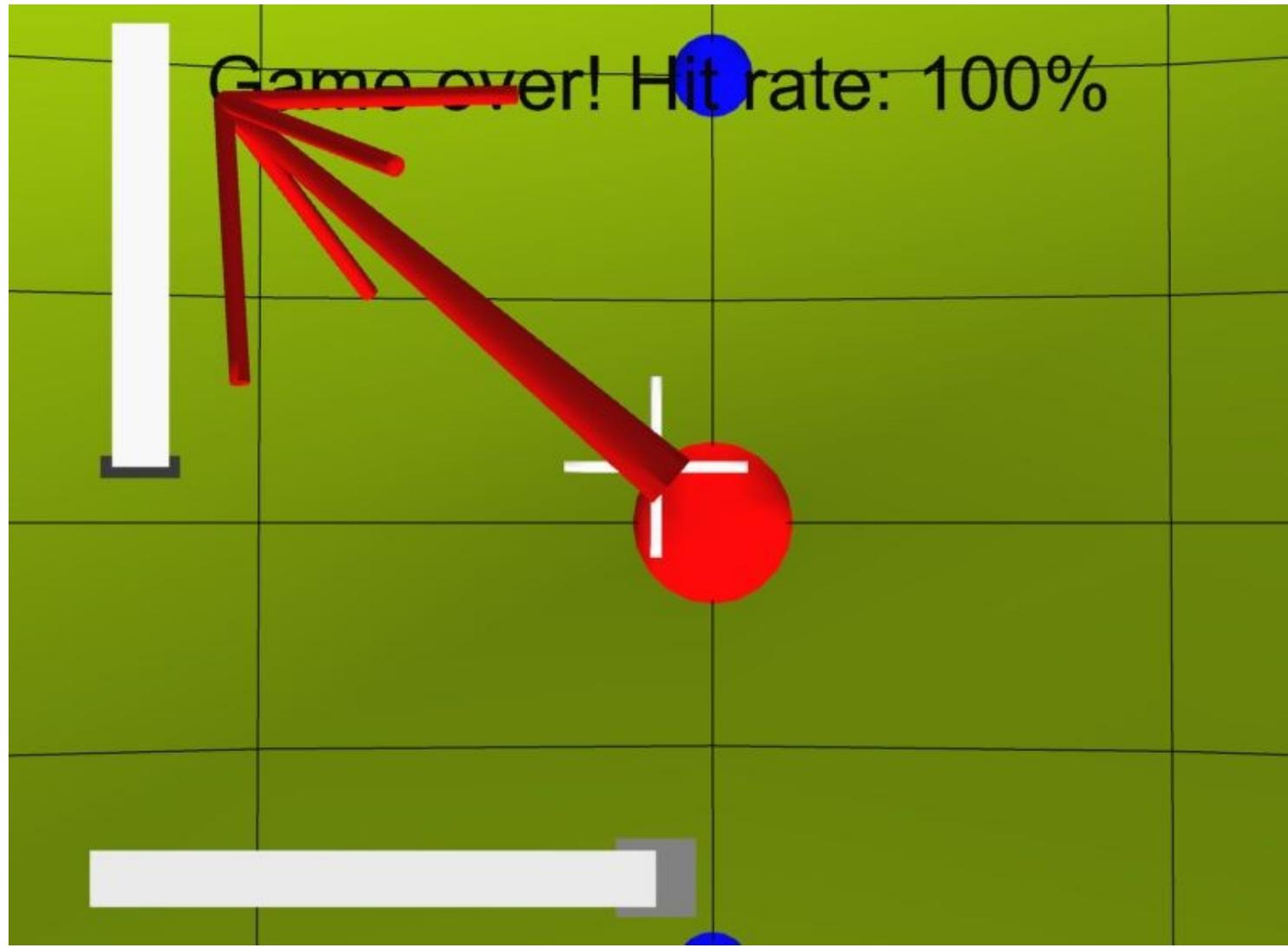
Positionen der Ziele

- 400 aus 1550 möglichen Positionen:
 - Horizontalebene: 360°
 - Vertikalebene: -30° bis $+80^\circ$
 - Alle Ziele zufällig verteilt in diesem Bereich
- Vorteile:
 - Sehr hohe Anzahl der Ziele
 - Verwendung von Mittelwerten statistisch untermauert
 - Versuchspersonen sind nicht imstande eine Gedankenkarte (*mind map*) der räumlichen Positionen zu erstellen (Butler et al. 1990; Hammershoi and Sadvad, 1994; Perret and Noble, 1995)

Ablauf des Experiments

- **Visuelles Training:**
 - Gewöhnung an das Equipment
 - Training der Bewegung in der virtuellen Umgebung
- **Visueller Test:**
 - Teste die Genauigkeit der Richtungsangaben bei visuellen Zielen
- **Akustischer Test:**
 - Teste die Genauigkeit der Richtungsangaben bei akustischen Zielen

Visuelles Training: Methode

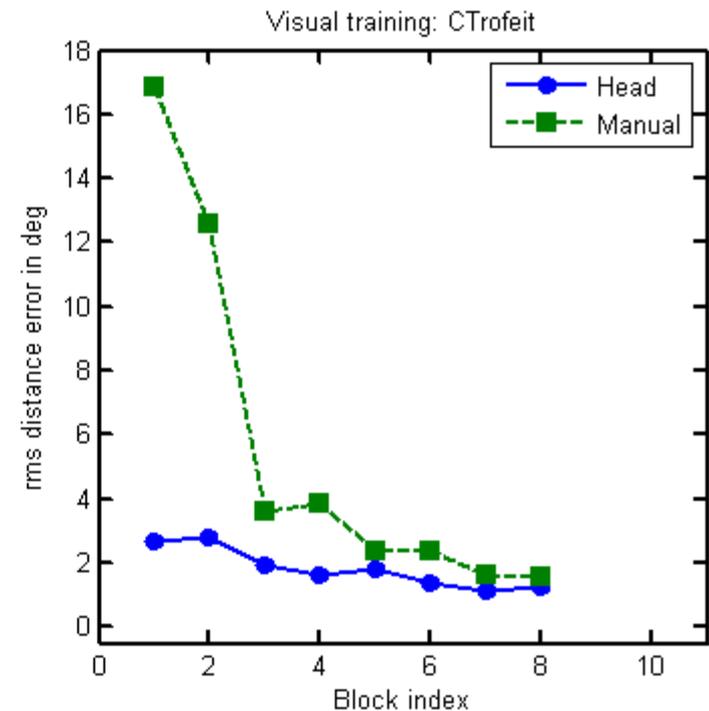
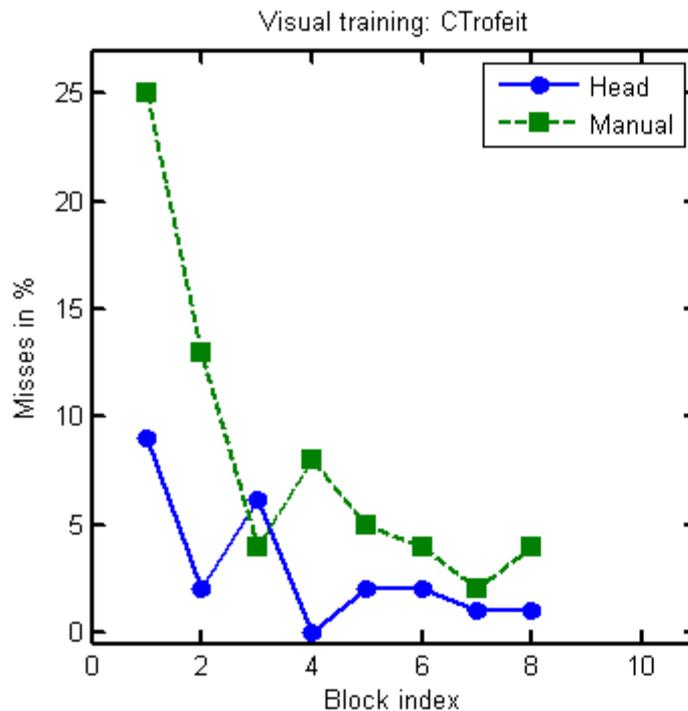


Visuelles Training: Methoden



Visuelles Training: Ergebnisse

- Training bis:
 - Trefferquote: $> 95\%$
 - Abweichung der Treffer vom Ziel: $< 2^\circ$



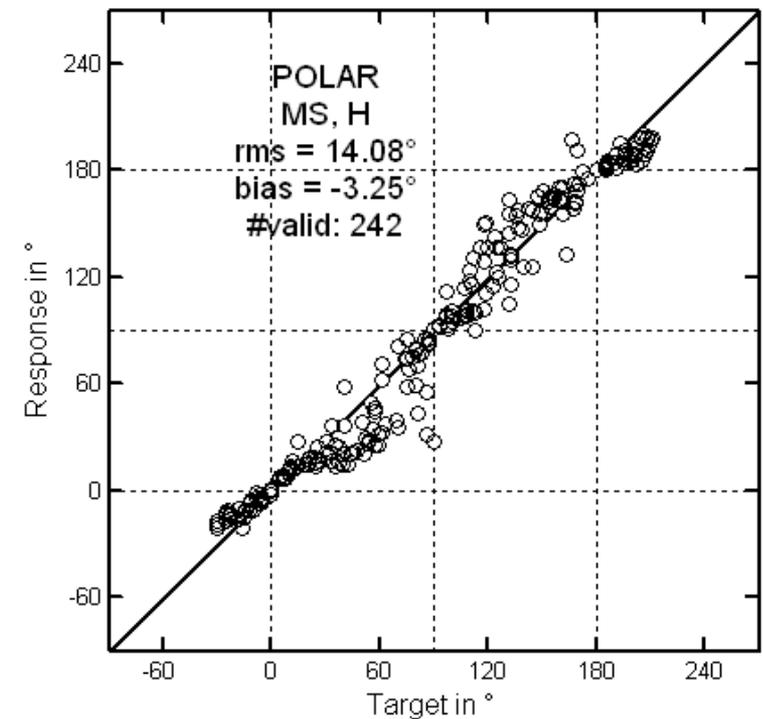
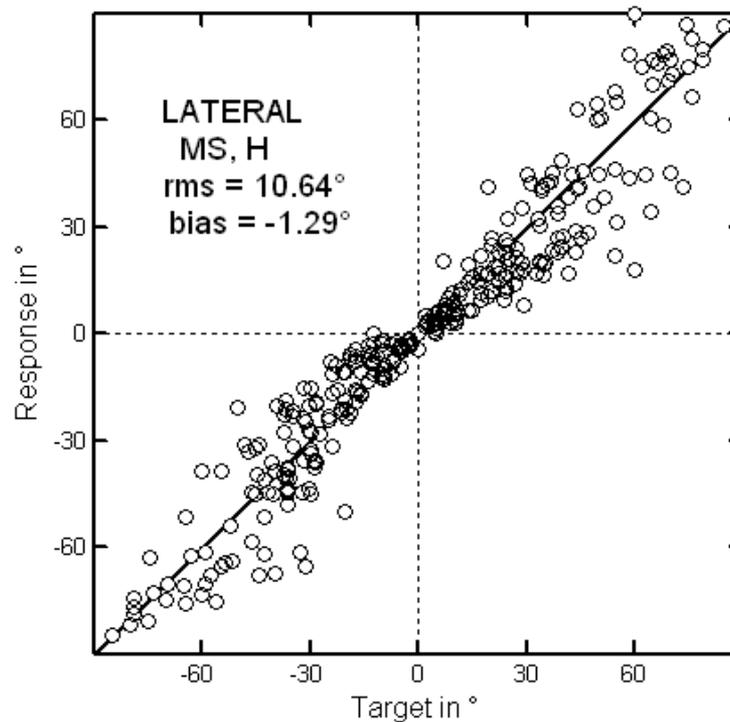
Visueller Test

- Genauigkeit der Richtungsangabe bei visueller Zielangabe
- Zielbeschreibung: 700 ms lang



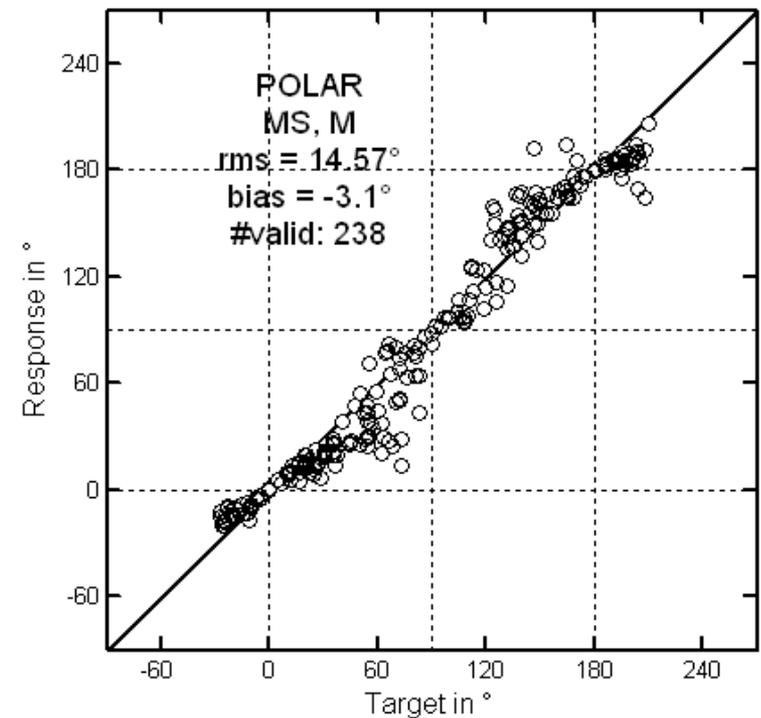
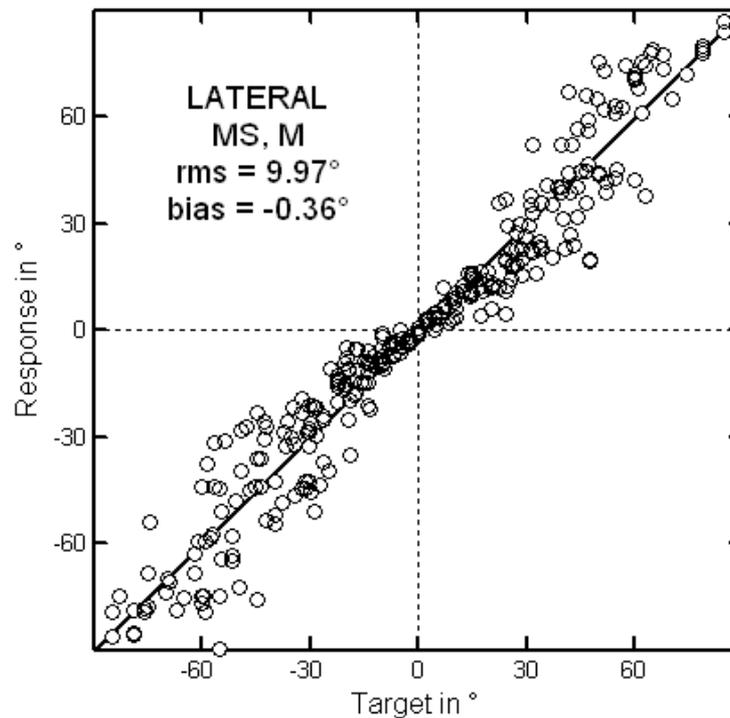
Visueller Test: Ergebnisse

- Kopfzeiger:



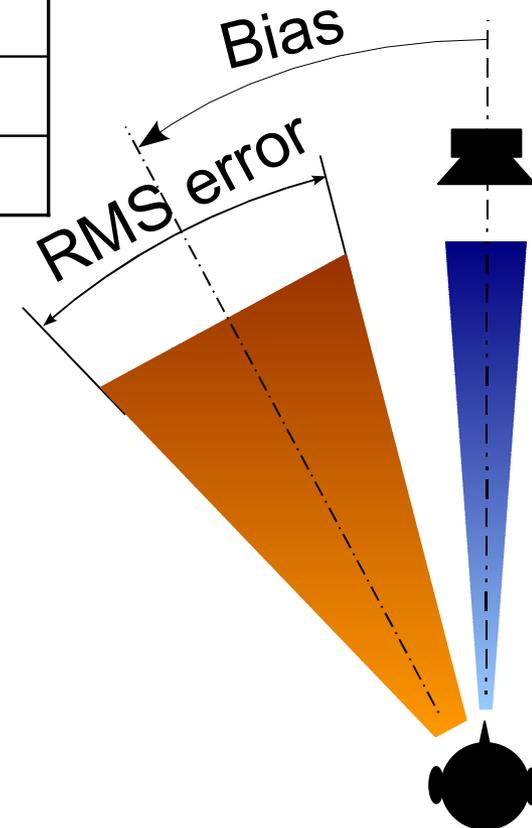
Visueller Test: Ergebnisse

- Handzeiger:



Visueller Test: Vergleich

Fehlerart	Kopfzeiger	Handzeiger	Signifikanz
Azimuth bias	0°	0,96°	0,034
RMS azimuth error	10,1°	9,44°	0,034
Elevation bias	0,9°	-0,1°	<0,001
RMS elevation error	8°	7,4°	0,005

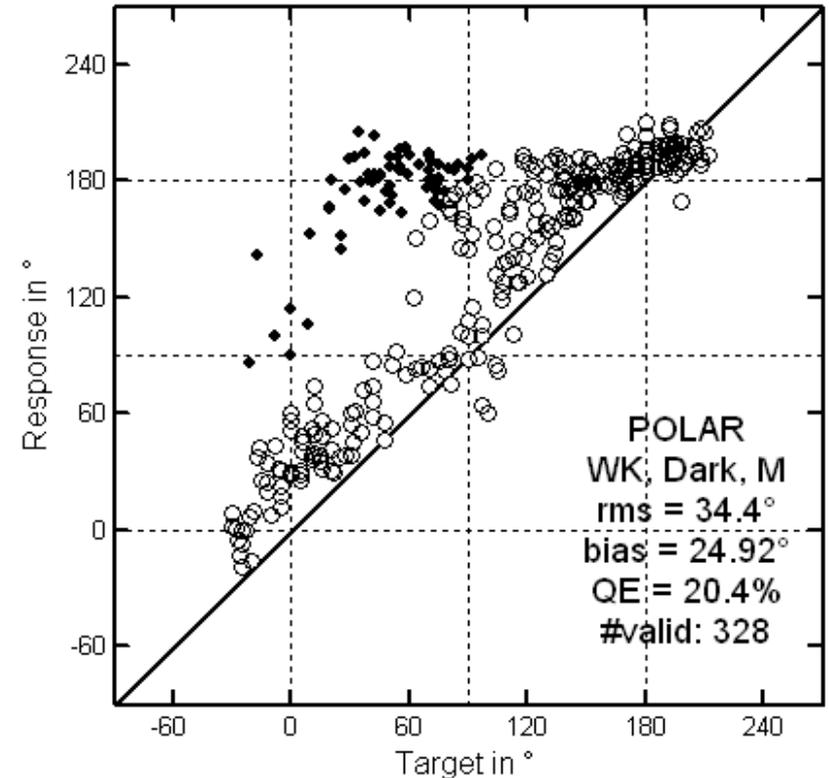
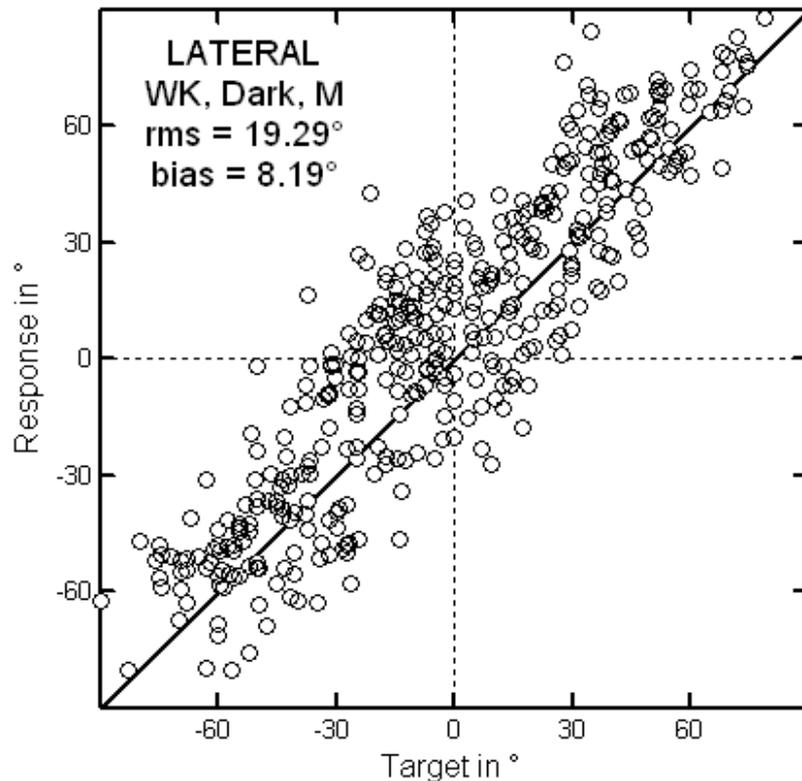


Akustischer Test: Methode

- Virtuelle akustische Stimuli:
 - Gauß'sches weißes Rauschen, 500 ms lang
 - Gefiltert mit individueller DTF für gegebene Position
 - 400 Stimuli pro Bedingung (100 pro Block mit Pause)
- Pegel:
 - Mittlerer Pegel: 50 dB SL (Hörpegel)
 - Wahrnehmungsschwelle: manuelle „one-up-two-down“-Prozedur für 73%-Schwelle an der virtuell frontalen Position (0°; 0°)
 - Pegelvariation: +/- 5 dB (trial-to-trial)
- Prozedur: analog zum visuellen Test

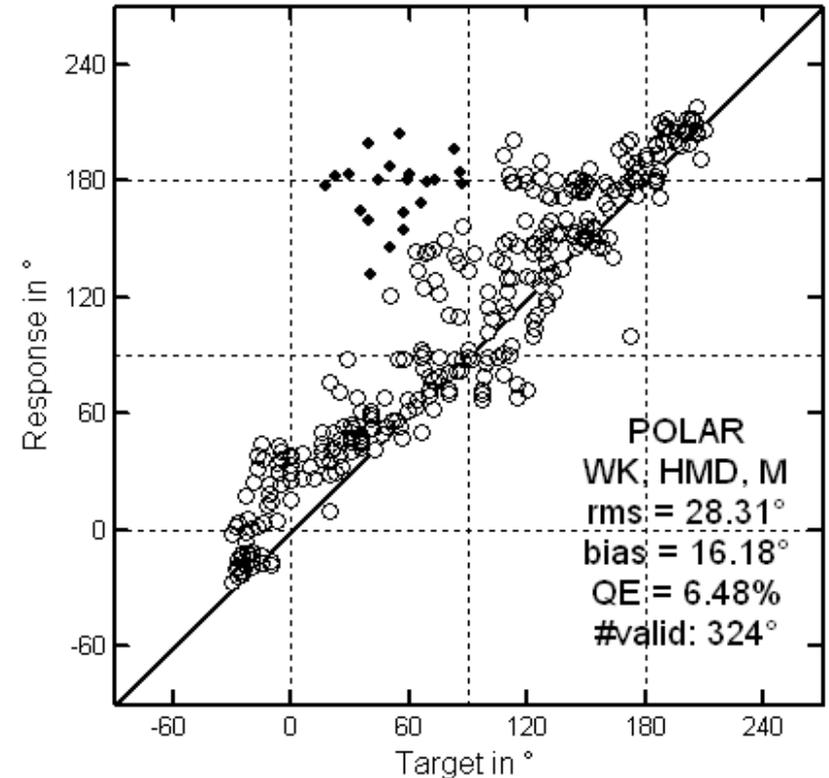
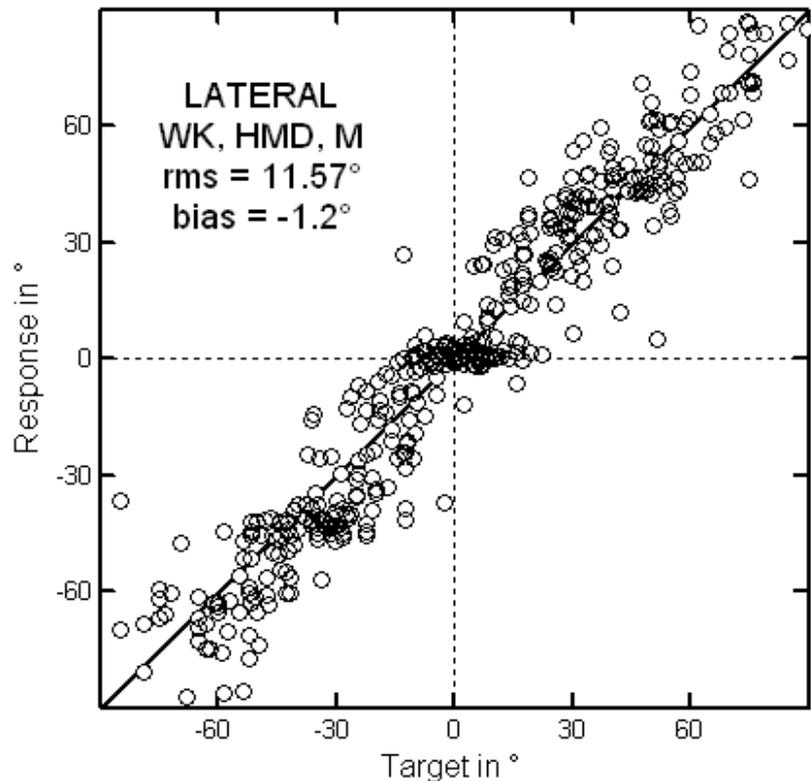
Akustischer Test: Ergebnisse

- Dunkler Raum, Handzeiger



Akustischer Test: Ergebnisse

- HMD, Handzeiger



Akustischer Test: Vergleich

	Kopf Dunkel	Kopf, HMD	Hand, HMD	Hand, Dunkel
RMS lateral error	20.33±3.77	17.42±2.99	18.59±3.85	20.96±2.14
lateral bias	0.54±1.78	0.53±1.49	0.43±2.75	1.11±5.1
RMS local polar error	37.47±6.56	38.44±8.13	36.16±9.81	38.57±5.71
elevation bias	4.44±10.05	6.27±10.13	5.4±9.17	7.39±13.43
quadrant errors (%)	22.7±12.1	21.6±12.7	20±11.4	20.8±11.6

- Statische Auswertung (RM ANOVA):
 - Visuelle Umgebung: immer besser
 - Kopfzeiger: besser in der Horizontalen
 - Handzeiger: besser in der Vertikalen
 - Zeiger: Unterschiede gering

Zusammenfassung - Visuell

- Prozedurales Training benötigt mind. 600 Ziele:
 - Zielgenauigkeit von 2° möglich
 - kürzeres Training mit Kopfzeiger
 - nach längerem Training (700 Ziele) gleiche Genauigkeit für beide Zeigermethoden
- Genauigkeit der Lokalisation visueller Ziele:
 - Genauigkeit von ca. 7° bis 10°
 - Kopfzeiger genauer horizontal
 - Handzeiger genauer vertikal

Zusammenfassung - Akustisch

- Visuelle Umgebung:
 - Mit visueller Umgebung kleinerer Fehler
 - Limitierung nicht aufgrund visueller/proz. Defizite
- Hand- oder Kopfzeiger:
 - Lokalisationsfehler sehr ähnlich
 - Kopfzeiger: besser in der horizontalen Ebene
 - Handzeiger: besser in der vertikalen Ebene
 - Ähnliche Ergebnisse bei akustischer und visueller Lokalisation