

Zum Ventriloquismus-Effekt in realer und virtueller Hörumgebung

Bernhard U. Seeber

AG Technische Akustik, MMK, TU München, 80290 München, Email: seeber@ei.tum.de

1 Einleitung

Werden Benutzungsinterfaces in Steuerungs- und Überwachungssystemen mit visuellen Bedienelementen und akustischer, richtungsabhängiger Informationsdarstellung ausgelegt, so stellt sich die Frage nach der Interaktion zwischen diesen beiden Modalitäten. Ein bekannter Effekt der auditiv-visuellen Richtungsinteraktion ist der Ventriloquismus-, oder Bauchrednereffekt: obwohl der Bauchredner spricht, wird der Ort der Schallquelle am Mund der Puppe wahrgenommen, da dort Lippenbewegungen erkennbar sind, die der Bauchredner selbst unterdrückt. Als Ventriloquismuseffekt wird die Fusion der beiden Objekte, oder die Richtungsverschiebung der auditiven Richtung hin zur visuellen bezeichnet. Bei virtueller Richtungsdarbietung in Benutzungsinterfaces stellt sich die Frage, inwieweit die Genauigkeit der virtuellen Darbietung und das Vorhandensein individueller akustischer Richtungsinformation den Ventriloquismuseffekt beeinflusst. Dabei sind zwei Tendenzen möglich: (1) die Dominanz der visuell wahrgenommenen Richtung führt zum stärkeren Heranziehen der auditiv wahrgenommenen Richtung, da durch die Reduktion individueller Richtungsinformation eine „schwächere“ akustischer Richtungspräsentation entsteht, wodurch weniger Gewicht auf die auditive Richtung gelegt wird, oder (2): die kognitive Übereinstimmung in beiden Modalitäten, die mit der „schwächeren“ akustischen Objektausprägung reduziert wird, dominiert den Gesamteffekt und reduziert den Ventriloquismus.

Zur Untersuchung dieser Fragestellung wurde eine Lokalisationsmethode entwickelt, bei der mit Hilfe eines Laserzeigers die wahrgenommene Schalleinfallrichtung schnell und hochgenau angezeigt werden kann [1]. Durch die Verwendung eines Trackballs zur Positionseingabe ist es möglich, einen rein bimodal ausgelegten Versuch zu erhalten, der eine Interaktion mit propriozeptiver Richtungsinformation ausschließt. Die Interaktion mit dem Anzeigelichtpunkt kann durch die Messung von Nacheffekten und den symmetrischen Einsatz des Lichtpunktes um die Schallrichtung reduziert werden. Daher stellt diese Methode einen neuartigen Ansatz gegenüber anderen Zeigermethoden, wie z.B. Augen-, Hand-, oder Kopfzeigen dar. Die nutzbare akustische Richtungsinformation wurde folgendermaßen variiert: neben realen Quellen wurden die Schalle mit Hilfe virtueller Akustik unter Verwendung individueller oder ausgewählter fremder Außenohrübertragungsfunktionen präsentiert. Das verwendete Auswahlverfahren stellt dabei sicher, daß die Versuchsperson individuell-optimale Außenohrübertragungsfunktionen verwendet.

2 Methoden

Um den Ventriloquismuseffekt in Abhängigkeit vom Gehalt an individueller richtungsspezifischer Information zu un-

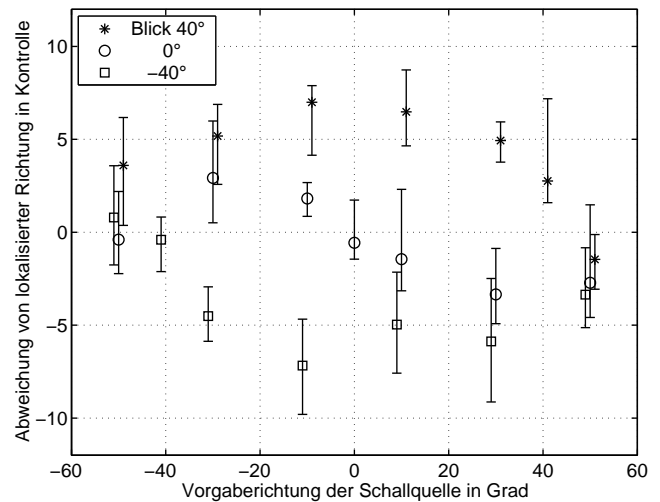


Abb. 1: Lokalisationsergebnisse als Median der individuellen Mediane und Quartile in Abhängigkeit von der Blickrichtung bei Schallpräsentation mit individuellen Außenohrübertragungsfunktionen.

tersuchen, wurde neben der Schalldarbietung in reflexionsarmer Hörumgebung eine virtuelle Schallpräsentation verwendet. Dabei wurden wie im Kontrollversuch ohne visuelle Einflüsse [2] sowohl individuelle Außenohrübertragungsfunktionen (HRTF = head related transfer function) als auch nicht-individuelle, ausgewählte HRTF verwendet. Bei Präsentation der realen Quellen steht der Versuchsperson (VP) das Maximum an individueller akustischer Richtungsinformation zur Verfügung. Die individuellen HRTF repräsentieren eine optimale Annäherung an die Schallbedingungen im Freifeld. Bei nicht-individuellen, ausgewählten HRTF kann dagegen eine weitere Verschlechterung der Abbildung individueller richtungsspezifischer Information erwartet werden. Ein zweistufiges Auswahlverfahren für HRTF stellt dennoch sicher, daß eine individuell-optimale Auswahl einer HRTF getroffen wird, so daß in den meisten Fällen eine Externalisation von Schallquellen möglich wird [3].

Die Lokalisationsuntersuchungen wurden mit einer Laser-Pointer-Methode durchgeführt, bei der die VPen mit Hilfe eines Trackballs die Position eines horizontal wandernden Lichtpunktes auf die wahrgenommene Position der Schallquelle einstellen können [1]. Die Testschalle wurden von 11 Lautsprechern (LS) dargeboten, die sich im 10° -Abstand von 50° links bis 50° rechts auf Ohrhöhe der VP in einem Abstand von 1,95 m befinden. Konzentrisch vor den LS befinden sich rote Leuchtdioden (LED), die als Fixationsobjekte dienen und durch einen Vorhang verdeckt werden. Die Testschalle und der Versuchsablauf waren identisch zu [2] mit dem Unterschied, daß jeder Trial mit dem Aufleuchten einer zufällig ausgewählten Fixations-LED begann. Nach 1 s wurde der Testschall aus einer der Richtungen -50° , -30° , -10° , 10° , 30° , 50° oder an der jeweiligen Fixationsrichtung abgespielt. Nach 250 ms erlosch die

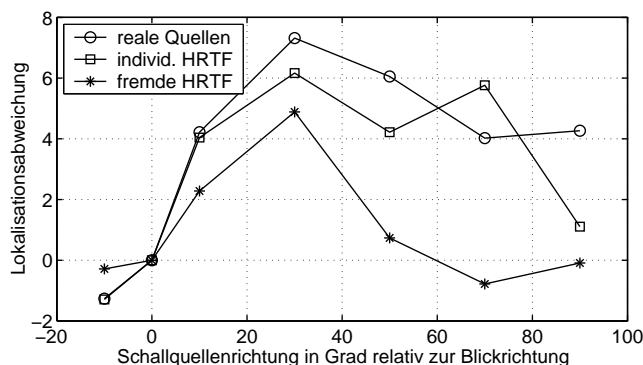


Abb. 2: Mittlere Lokalisationsergebnisse relativ zum Kontrollversuch für alle verwendeten Schallpräsentationsarten in Abhängigkeit vom Abstand der Schallquelle relativ zur 40° seitlichen Fixationsrichtung.

Fixations-LED und nach weiteren 250 ms setzte der Anzeigelichtpunkt zur Eingabe der wahrgenommene Schallrichtung an zufälliger Position im Bereich $\pm 20^\circ$ um die dargebotene Schallrichtung ein. Die Verwendung von breitbandigen Rauschpulsen und Leuchtdioden reduziert den Einfluß kognitiver Effekte im vorliegenden Ventriloquismusversuch. 21 Trials wurden für jede der 7 Richtungen und 3 Blickrichtungen in 3 Sitzungen durchgeführt. Die 3 Tasten des Trackballs codierten den wahrgenommenen Schalleinfall „von vorne externalisiert“, „im Kopf“ und „von hinten“. Die Versuchspersonen aus dem Kontrollversuch ohne visuelle Einflüsse [2] nahmen auch an diesem Versuch teil.

3 Ergebnisse und Diskussion

Beispielhaft für alle Lokalisationsergebnisse bei visueller Fixation sind die des Versuchs mit individuellen HRTF in Abb. 1 dargestellt. In Abb. 2 sind die Lokalisationsergebnisse aller Schallpräsentationsarten für die seitlichen Blickrichtungen $\pm 40^\circ$ zusammengefaßt. Tab. 1 gibt Aufschluß über die Lokalisationsfehler und die Quartile. Weiterhin ist die Anzahl der Im-Kopf-Lokalisierungen und Vorne-Hinten-Vertauschungen für die drei Schallpräsentationsarten relativ zur entsprechenden Anzahl im Kontrollversuch ohne visuelle Fixation angegeben. Betrachtet man die Lokalisationsergebnisse in Abb. 1, so fällt neben der Symmetrie bei den seitlichen Blickrichtungen -40° und 40° die deutliche Heranschätzung der Schallquellen an die Blickrichtung auf. So wird z.B. die Schallquelle unter 10° beim Blick nach 40° rechts (*) 7° relativ zum Kontrollversuch rechtsverschoben wahrgenommen. Die Heranschätzung bei Fixation voraus fällt mit 3° etwas geringer aus (o). Ähnliche Effekte haben Weerts und Thurlow [4] bei Fixation eines sichtbaren LS unter 22° mit Handzeigen festgestellt: die closed-loop Effekte betragen 9° und die Nacheffekte $2 - 4^\circ$ für einen Schall von 0° voraus. Durch die Reduktion des Ventriloquismuseffekts mit „schwächerer“ virtueller Richtungsdarbietung wird die eingangs aufgestellte 1. These der Erhöhung der Interaktionseffekte widerlegt. Die visuelle Richtung dominiert anscheinend nicht die Richtungsverschiebung beim Übergang von individuellen zu fremden HRTF.

Vergleicht man die Ergebnisse in Abhängigkeit von der Art der Schallpräsentation (Abb. 2), so fällt auf, daß Richtungen realer Quellen und bei individuell-virtueller Präsenta-

	Reale Quellen	Individuelle HRTF	Ausgewählte HRTF
Fehler ^a	-4,3/-0,5/4,2	-3,8/-2,0/6,5	-5,3/-1,8/4,7
Quartile ^a	2,4/2,0/2,1	2,5/2,2/1,8	2,4/2,4/3,0
Im-Kopf ^b	-	-	0,86
Vo/Hinten ^c	-	0,31	0,50

^a Fehler und Quartile für die Blickrichtungen $-40^\circ/0^\circ/40^\circ$ in Grad.

^b Verhältnis der Anzahl der Im-Kopf-Lokalisierungen mit und ohne visuelle Fixation. Keine Im-Kopf-Lokalisierungen bei realen Quellen und individuellen HRTF. Vergleichsergebnisse aus [2].

^c Verhältnis der Anzahl der Vorne-Hinten-Vertauschungen mit und ohne visuelle Fixation. Vertauschungsergebnisse bei realen Quellen nicht erhoben. Vergleichsergebnisse ohne visuellen Einfluß in [2].

Tab. 1: Lokalisationsergebnisse: Fehler, Quartile, Vertauschungen.

tion einer etwa gleich großen Heranschätzung an die Blickrichtung unterliegen. Statistische Unterschiede zwischen beiden Schallpräsentationsarten können für die nicht gegen den Kontrollversuch korrigierten Ergebnisse nicht belegt werden (auf 21 Einzeltests α -korrigierter Mann-Whitney-Wilcoxon U-Test, 5%-Niveau). Für fremde, ausgewählte HRTF ergibt sich ein anderes Bild: die Effekte erreichen zwar ebenfalls bei 30° Abstand von der Blickrichtung ihr Maximum, sind jedoch kleiner und bereits bei 50° Abstand abgeklungen. Die Ergebnisse sind auf einem Signifikanzniveau von 0,01% unterschiedlich zu denen realer Quellen. Die Streubereiche in Tab. 1 sind für alle drei Präsentationsbedingungen im Mittel kleiner als im Kontrollversuch ohne visuelle Fixation [2], da die akustische Lokalisation relativ zur visuellen Referenz stattfinden kann.

Die visuelle Fixation der voraus liegenden Richtungen hat einen weiteren deutlichen Einfluß: die Anzahl der Im-Kopf-Lokalisierungen und Vorne-Hinten-Vertauschungen ist relativ zum Kontrollversuch deutlich reduziert (Tab. 1). So sinkt die Anzahl der Vorne-Hinten-Vertauschungen bei fremden HRTF auf die Hälfte. Offensichtlich unterstützt die Fixation der voraus liegenden visuellen Objekte eine Lokalisation der akustischen Objekte an ähnlicher Position, wie es durch den Ventriloquismuseffekt beschrieben wird.

4 Danksagung

Mein herzlicher Dank gilt Herrn Prof. H. Fastl für die Unterstützung und Betreuung der Arbeit. Diese Arbeit wurde von der DFG im Rahmen des GRK 267 gefördert.

Literatur

- [1] SEEBER, B.: *Eine neue Meßmethode für Lokalisationsuntersuchungen*. DAGA 2001, Oldenburg, 2001. DEGA.
- [2] SEEBER, B.: *Untersuchung der Lokalisation in reflexionsarmer Umgebung und bei virtueller akustischer Richtungsdarbietung mit einer Laser-Pointer-Methode*. DAGA 2002, DEGA.
- [3] SEEBER, B. und H. FASTL: *Effiziente Auswahl der individuell-optimalen aus fremden Außenohrübertragungsfunktionen*. DAGA 2001, Oldenburg, 2001. DEGA.
- [4] WEERTS, T. C. und W. R. THURLOW: *Perception & Psychophysics*, 9:35–39, 1971.