

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 Richtungsver-schiebung der auditiven Richtung hin zur visuellen bezeichnet. Bei virtueller Richtungsdarbietung in Benutzungsinter-faces stellt sich die Frage, inwieweit die Genauigkeit der virtu-ellen Darbietung und das Vorhandensein individueller akus-tischer Richtungsinformation den Ventriloquismuseffekt be- einflusst. Dabei sind zwei Tendenzen möglich: (1) die Do- minanz der visuell wahrgenommenen Richtung führt zum stärkeren Heranziehen der auditiv wahrgenommenen Rich- tung, da durch die Reduktion individueller Richtungsinfor- mation eine „schwächere“ akustischer Richtungspräsentation entsteht, wodurch weniger Gewicht auf die auditive Richtung gelegt wird, oder (2): die kognitive Übereinstimmung in bei- den Modalitäten, die mit der „schwächeren“ akustischen Ob- jektausprägung reduziert wird, dominiert den Gesamteffekt und reduziert den Ventriloquismus.

Zur Untersuchung dieser Fragestellung wurde eine Lokali- sationsmethode entwickelt, bei der mit Hilfe eines Laserzei- gers die wahrgenommene Schalleinfallrichtung schnell und hochgenau angezeigt werden kann [1]. Durch die Verwen- dung eines Trackballs zur Positionseingabe ist es möglich, einen rein bimodal ausgelegten Versuch zu erhalten, der eine Interaktion mit propriozeptiver Richtungsinformation aus- schließt. Die Interaktion mit dem Anzeigelichtpunkt kann durch die Messung von Nacheffekten und den symmetri- schen Einsatz des Lichtpunktes um die Schallrichtung re- duziert werden. Daher stellt diese Methode einen neuarti- gen Ansatz gegenüber anderen Zeigermethoden, wie z.B. Augen-, Hand-, oder Kopfzeigen dar. Die nutzbare akus- tische Richtungsinformation wurde folgendermaßen variiert: neben realen Quellen wurden die Schalle mit Hilfe vir- tueller Akustik unter Verwendung individueller oder aus- gewählter fremder Außenohrübertragungsfunktionen präsen- tiert. Das verwendete Auswahlverfahren stellt dabei sicher, daß die Versuchsperson individuell-optimale Außenohrüber- tagungsfunktionen verwendet.

2 Methoden

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

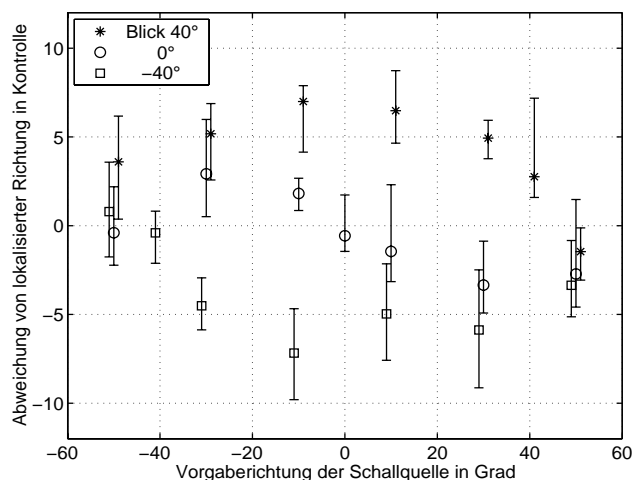


Abb. 1: Lokalisationsergebnisse als Median der individuellen Mediane und Quartile in Abhängigkeit von der Blickrichtung bei Schallpräsen- tation mit individuellen Außenohrübertragungsfunktionen.

tersuchen, wurde neben der Schalldarbietung in reflexions- armer Hörumgebung eine virtuelle Schallpräsentation ver- wendet. Dabei wurden wie im Kontrollversuch ohne visu- elle Einflüsse [2] sowohl individuelle Außenohrübertra- gungsfunktionen (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 Rich- tungsinformation zur Verfügung. Die individuellen HRTF repräsentieren eine optimale Annäherung an die Schallbedin- gungen im Freifeld. Bei nicht-individuellen, ausgewählten HRTF kann dagegen eine weitere Verschlechterung der Ab- bildung individueller richtungsspezifischer Information er- wartet 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 Schall- quelle 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 ei- nem Abstand von 1,95 m befinden. Konzentrisch vor den LS befinden sich rote Leuchtdioden (LED), die als Fixati- onsobjekte dienen und durch einen Vorhang verdeckt wer- den. Die Testschalle und der Versuchsablauf waren iden- tisch zu [2] mit dem Unterschied, daß jeder Trial mit dem Aufleuchten einer zufällig ausgewählten Fixations-LED be- gann. Nach 1 s wurde der Testschall aus einer der Rich- tungen -50° , -30° , -10° , 10° , 30° , 50° oder an der jewei- ligen Fixationsrichtung abgespielt. Nach 250 ms erlosch die

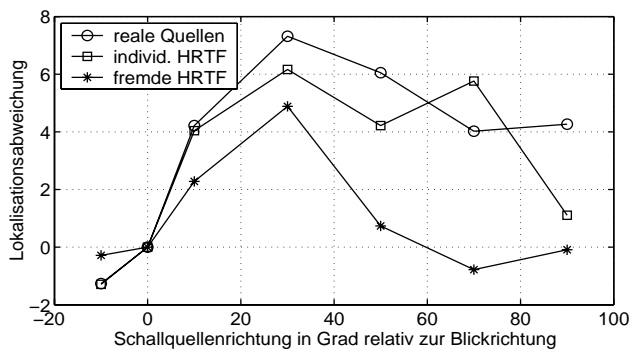


Abb. 2: Mittlere Lokalisationsergebnisse relativ zum Kontrollversuch für alle verwendeten Schallpräsentationsarten in Abhängigkeit vom Abstand der Schallquelle relativ zur 40° seitlichen Fixationsrichtung.

Fixations-LED und nach weiteren 250 ms setzte der Anzeigepunkt 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 Präsen-

| | 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. THURLLOW: *Perception & Psychophysics*, 9:35–39, 1971.