

# Repräsentationales Momentum bei der auditiven und visuellen Bewegungswahrnehmung

Stephan Getzmann<sup>1,2</sup> & Jörg Lewald<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Institut für Arbeitsphysiologie an der Universität Dortmund, 44139 Dortmund, Deutschland

<sup>2</sup> Ruhr-Universität Bochum, 44780 Bochum, Deutschland, Email: getzmann@ifado.de, joerg.lewald@rub.de

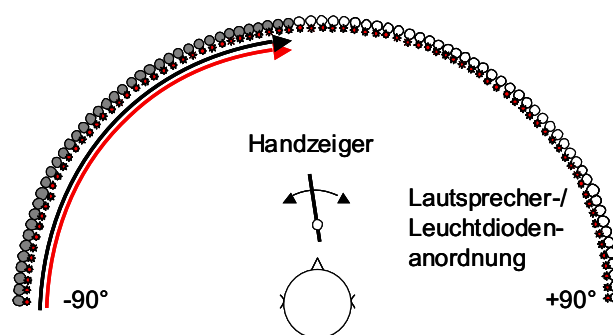
## Einleitung

Das "Repräsentationale Momentum" (RM) tritt bei der Wahrnehmung bewegter Objekte auf und beschreibt die Tendenz, den Endpunkt eines bewegten Zielreizes in Richtung der Bewegung zu verschieben. Vorangehende Studien ergaben, dass das RM bei auditiven Bewegungen stärker ausgeprägt ist als bei visuellen [1, 2]. Bislang ist unklar, ob diese scheinbare Diskrepanz mit modalitätsspezifischen Unterschieden in der auditiven und visuellen Bewegungswahrnehmung oder mit der Verwendung unterschiedlicher Versuchsparadigmen zusammenhängt. Ziel dieser Studie war es, das RM in beiden Modalitäten unter vergleichbaren experimentellen Bedingungen zu bestimmen. Zudem wurde ein aktueller, funktionaler Erklärungsansatz für das RM überprüft. Dieser nimmt an, dass die Verschiebung als Folge einer mentalen Extrapolation vorangehender Objektpositionen auftritt [3]. Dementsprechend sollte die Verschiebung bei erschwerter Extrapolation zurückgehen. Zur Überprüfung dieser Hypothese wurde die Verschiebung bei einer konstanten Bewegungsgeschwindigkeit mit der einer Bewegung verglichen, bei der die Geschwindigkeit unvorhersagbar wechselte.

## Methode

Zwölf Probanden wurden in einer dunklen und reflexionsfreien Umgebung mittels einer halbkreisförmigen Anordnung (bestehend aus 91 Lautsprechern und 91 Leuchtdioden) entweder unimodale Reize (50-ms Rauschpulse oder Lichtreize) oder bimodale Reize (eine Kombination simultaner auditiver und visueller Reize) dargeboten (Abb. 1). Durch sukzessive Aktivierung benachbarter Lautsprecher bzw. Leuchtdioden wurden auditive, visuelle oder audiovisuelle Links-Rechts- oder Rechts-Links-Bewegungen entlang der horizontalen Ebene generiert. Die Bewegungsgeschwindigkeit war entweder konstant  $16^\circ/\text{s}$  oder variierte zufällig zwischen  $8$  und  $24^\circ/\text{s}$ . Die Durchschnitts- und Endgeschwindigkeit der Bewegung betrug dabei stets  $16^\circ/\text{s}$ . Aufgabe der Probanden war es, nach Ende der Bewegung die Endpunkte der Bewegung ( $-24^\circ$ ,  $-16^\circ$ ,  $-8^\circ$ ,  $8^\circ$ ,  $16^\circ$  oder  $24^\circ$ ) möglichst genau per Handzeiger anzugeben. Als Kontrollbedingung wurden zusätzlich statische Reize (visuell, auditiv oder audiovisuell) dargeboten. Der Versuch bestand aus drei Blöcken mit insgesamt 270 Durchgängen. Die Reizmodalität wurde blockweise, die Geschwindigkeitsbedingung und die Endposition der Bewegung wurden innerhalb der Blöcke zufällig variiert.

Die Winkeldifferenzen zwischen den tatsächlichen Endpositionen der Bewegung und den gemessenen Zeigerpositionen wurden bestimmt. Zur Kompensation möglicher Antworten-



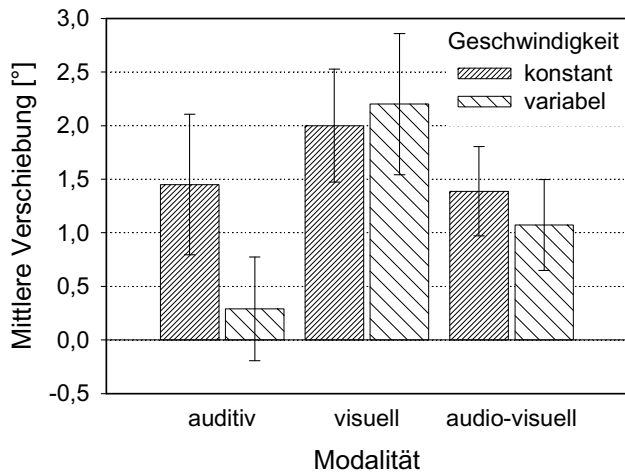
**Abbildung 1:** Schematische Darstellung der präsentierten auditiven und visuellen Stimuli. Horizontale Bewegung wurde durch die sukzessive Aktivierung benachbarter Schall-/Lichtquellen generiert. Die Probanden beurteilten den Endpunkt der Bewegung durch Einstellung eines Handzeigers.

denzen wurden die Differenzen bei bewegten Zielreizen von denen bei statischen Reizen subtrahiert.

## Ergebnisse

Die über alle Endpositionen und Bewegungsrichtungen gemittelten Verschiebungen sind in Abbildung 2 dargestellt.

Die stärksten Verschiebungen traten bei visuellen Zielreizen auf, unabhängig davon ob die Geschwindigkeit konstant war ( $2.0^\circ$ , SE  $\pm 0.5^\circ$ ) oder variierte ( $2.2^\circ$ , SE  $\pm 0.7^\circ$ ;  $t[11] = 0.63$ ,  $p > 0.05$ ). Im Gegensatz dazu hing die Verschiebung bei auditiven Reizen stark von der Geschwindigkeit ab: Sie war bei konstanter Geschwindigkeit ( $1.5^\circ$ , SE  $\pm 0.7^\circ$ ) stärker als bei variabler Geschwindigkeit ( $0.3^\circ$ , SE  $\pm 0.5^\circ$ ;  $t[11] = 3.86$ ,  $p < 0.01$ ). Zwischen visuellen und auditiven Zielreizen war bei konstanter Geschwindigkeit kein signifikanter Unterschied in der Verschiebung nachweisbar ( $t[11] = 0.87$ ,  $p > 0.05$ ), wohl aber bei variabler Geschwindigkeit ( $t[11] = 2.81$ ,  $p < 0.05$ ). Verschiebungen bei multimodalen Zielreizen lagen in ihrer Stärke zwischen denen der unimodalen Zielreize und traten gleichermaßen bei konstanter ( $1.4^\circ$ , SE  $\pm 0.4^\circ$ ) und variabler ( $1.1^\circ$ , SE  $\pm 0.4^\circ$ ) Geschwindigkeit auf. Eine zweifaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholung ergab einen signifikanten Effekt der Geschwindigkeit ( $F[1,11] = 9.66$ ;  $p < 0.01$ ) und eine signifikante Interaktion zwischen Geschwindigkeit und Modalität ( $F[2,22] = 4.98$ ;  $p < 0.05$ ), jedoch keinen Haupteffekt der Modalität ( $F[2,22] = 3.74$ ;  $p < 0.1$ ).



**Abbildung 2:** Mittlere Verschiebung der Endposition der Bewegung für auditive, visuelle und audiovisuelle Reize bei konstanter und variabler Bewegungsgeschwindigkeit. Positive Werte bedeuten eine Verschiebung *in* Bewegungsrichtung. Die Verschiebungen sind gemittelt über Links-/Rechts- und Rechts-/Linksbewegungen. Die Fehlerbalken markieren den Standardfehler über alle Probanden.

## Diskussion

In der auditiven und visuellen Modalität trat entsprechend früherer Befunde bei konstanter Bewegungsgeschwindigkeit eine RM-Verschiebung der Endpunkte in Bewegungsrichtung auf [1, 2]. Die in vorangegangenen Studien aufgetretenen Unterschiede zwischen beiden Modalitäten scheinen daher auf Unterschieden in der Methode zu beruhen, die insbesondere die Länge der Bewegungstrajektorie oder die Existenz visueller Referenzpunkte im Raum betreffen. Die Befunde deuten zudem darauf hin, dass die Stärke des RM keine modalitätsspezifische Dimension ist.

Neben dem unimodalen RM konnte auch ein bimodales RM nachgewiesen werden. Die Kombination auditiver und visueller Bewegungsreize führte zu Verschiebungen, die etwa auf dem Niveau der auditiven Modalität lagen. Zur Überprüfung der Dominanz einer Reizmodalität über die andere im Sinne eines dynamischen Ventriloquismus-Effekts wäre ein Versuch aufschlussreich, bei dem auditive und visuelle Zielreize an voneinander abweichenden Positionen enden.

Im Vergleich zur Bedingung mit konstanter Bewegungsgeschwindigkeit gingen die Verschiebungen zurück, wenn die Geschwindigkeit während der Bewegung unvorhersagbar wechselte. Diese Abnahme ist in Übereinstimmung mit einem Erklärungsansatz, der dem RM eine funktionale Rolle beim Agieren mit bewegten Objekten zuschreibt: Danach tritt das RM als Folge einer mentalen Extrapolation von Bewegung auf [3]. Bei erschwelter Extrapolation, wie hier bei unvorhersagbar wechselnder Geschwindigkeit, sollte dementsprechend die Verschiebung zurückgehen. Allerdings trat dieser Zusammenhang nur in der auditiven Modalität auf, nicht aber bei visuellen und nur geringfügig bei audiovisuellen Reizen.

Dies könnte möglicherweise mit Augenfolgebewegungen zusammenhängen. Während Augenfolgebewegungen keinen Effekt auf das RM bei auditiven Reizen haben [4], geht der visuelle Effekt bei Unterdrückung von Blickbewegungen üblicherweise zurück [5]. Es wird deshalb angenommen, dass okulomotorische Effekte zu Verschiebungen ähnlich dem RM führen können. Bei wechselnder Bewegungsgeschwindigkeit könnten bei Augenfolgebewegungen Sakkadensprünge aufgetreten sein, die die Verschiebung der Endposition eher vergrößerten und den Effekt variabler Bewegungsgeschwindigkeit überdeckten. Zur Überprüfung dieser Hypothese erscheint ein zweites Experiment sinnvoll, bei dem das RM bei konstanter und variabler Bewegungsgeschwindigkeit unter kontrollierten Augenbewegungen untersucht wird.

## Literatur

- [1] Hubbard, T. L. & Bharucha, J. J.: Judged displacement in apparent vertical and horizontal motion. *Perception & Psychophysics* 44 (1988), 211-221
- [2] Getzmann, S., Lewald, J. & Guski, R.: Representational momentum in spatial hearing. *Perception* 33 (2004), 591-599
- [3] Hubbard, T. L.: Bridging the gap: Possible roles and contributions of representational momentum. *Psicologica* 27 (2006), 1-34
- [4] Getzmann, S.: Representational momentum in spatial hearing does not depend on eye movements. *Experimental Brain Research* 165 (2005), 229-238
- [5] Kerzel, D.: Eye movements and visible persistence explain the mislocalization of the final position of a moving target. *Vision Research* 40 (2001), 3703-3715