

# Elektrophysiologische Korrelate auditiver Bewegungswahrnehmung

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

<sup>1</sup> Leibniz-Institut für Arbeitsforschung an der TU Dortmund, 44139 Dortmund

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

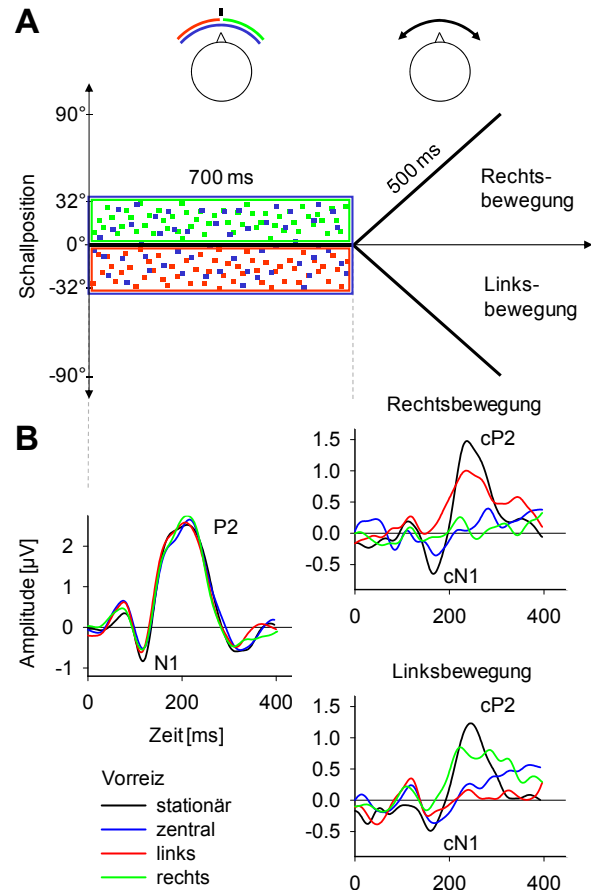
## Einleitung

Im Gegensatz zur visuellen Modalität sind die kortikalen Mechanismen auditiver Bewegungswahrnehmung noch wenig bekannt. Elektrophysiologische Befunde deuten darauf hin, dass der Übergang eines statischen Schallreizes in eine Schallbewegung eine spezifische kortikale Aktivierung auslöst, die als „Motion-Onset Response“ (MOR) bezeichnet wurde und die hauptsächlich aus einer frühen negativen („change-N1“, cN1) und einer späten positiven („change-P2“, cP2) Komponente besteht [1]. Die MOR hängt in ihrer Ausprägung von Bewegungsparametern ab und wurde als neurales Korrelat auditiver Bewegungsverarbeitung interpretiert [2, 3]. Die Entstehung der MOR könnte mit neuronalen Adaptationsprozessen zusammenhängen, bei denen es durch Stimulation mit einer statischen Schallquelle zu einem Rückgang der Sensitivität richtungsspezifischer Neuronenpopulationen kommt [4]. Die Rückbildung dieser Adaptation („release of adaptation“) beim Start einer Schallbewegung könnte die MOR auslösen. Ausgehend von dieser Annahme wurde in der vorgestellten Studie der Einfluss vorangehender räumlicher Schallreize auf die Verarbeitung nachfolgender auditiver Bewegungsreize untersucht.

## Methode

Den Probanden (Durchschnittsalter 25,6 Jahre) wurden unter akustischen Freifeldbedingungen horizontale Schallbewegungen dargeboten, die sich aus einer frontalen (0°) Position heraus entweder nach rechts (90°) oder links (-90°) bewegten. Unmittelbar vor dem Bewegungsbeginn wurde entweder für 700 ms ein statischer Schallreiz in 0°-Position dargeboten oder eine 700 ms lange Folge von 62 statischen kurzzeitigen (11 ms) Schallquellen, deren Positionen räumlich randomisiert waren und Raumbereiche von -32° bis 0° (linke Schallreize), 0° bis 32° (rechte Schallreize) oder -32° bis 32° (zentrale Schallreize) abdeckten (Abb. 1A).

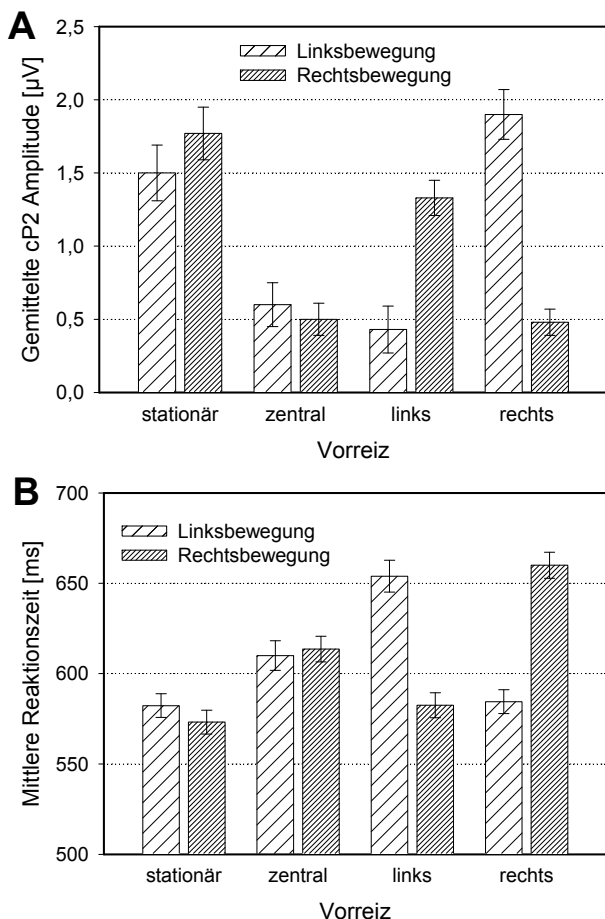
Bei einer Gruppe von Probanden (N=18) wurde während der akustischen Stimulation das EEG abgeleitet (500 Hz Abtastrate; 57 Ag/AgCl Elektroden; 0,5 bis 25 Hz Bandpassfilter); eine zweite Gruppe Probanden (N=16) bestimmte in einer Reaktionszeitaufgabe die Richtung der Schallbewegung. Effekte der vorangehenden Stimulation (stationärer Schallreiz, zentrale Schallreize, linke Schallreize, rechte Schallreize) und der Bewegungsrichtung (Linksbewegung, Rechtsbewegung) auf die Amplitude der MOR und die Reaktionszeiten wurden mittels zwei-faktorieller Varianzanalysen überprüft.



**Abbildung 1:** (A) Schematische Darstellung der akustischen Stimuli: Jede Stimulussequenz bestand aus einem Vorreiz (700 ms) und einem Bewegungsreiz (500 ms). Der Vorreiz war entweder ein stationärer Schallreiz bei 0° (schwarz) oder ein räumlich verteilter Schallreiz aus einer Folge randomisierter Einzelpositionen, die sich über die rechte (grün), linke (rot) oder beide (blau) Raumhälften erstreckten. (B) Gemittelte akustisch evozierte Potentiale an der Vertexposition Cz als Funktion der Zeit relativ zum Beginn der Vorreize (links) und der Bewegungsreize (rechts; oben: Rechtsbewegung, unten Linksbewegung), dargestellt für die Arten der Vorstimulation.

## Ergebnisse

Die akustisch evozierten Potentiale auf den Beginn des Schallreizes (N1 und P2) hingen nur unwesentlich von der Art der Vorstimulation ab (Abb. 1B). Es gab aber einen signifikanten Einfluss der Vorstimulation auf die Komponenten der MOR (cN1:  $F[3,51] = 3,580$ ;  $p < 0,05$ ; cP2:  $F[3,51] = 29,137$ ;  $p < 0,001$ ): Nach einem stationären Schallreiz löste der Bewegungsbeginn eine deutlich ausgeprägte MOR aus. Nach Stimulation mit räumlich verteilten Schallreizen kam es zu einer generellen Reduktion von cN1 und cP2. Eine signifikante Interaktion von Vorstimulation und Bewegungsrichtung auf die cP2 Amplitude ( $F[3,51] = 15,749$ ;  $p < 0,001$ ) zeigte zudem, dass die Reduktion der cP2 vor allem bei Stimulation mit den zentralen Schallreizen und bei Bewegungen *in* Richtung der seitlichen Schallreize auftrat; hingegen war die cP2 Reduktion bei Bewegungen *entgegen* der vorangehenden Schallreize gering (Abb. 2A).



**Abbildung 2:** Gemittelte Amplitude der cP2 an Cz (A) und mittlere Reaktionszeiten (B) für Links- und Rechtsbewegungen als Funktion der vorangehenden Stimulation. Fehlerbalken markieren Standardfehler über die Probanden.

Die Art der Vorstimulation hatte auch einen signifikanten Einfluss auf die Reaktionszeiten ( $F[3,45] = 46,18$ ;  $p < 0,001$ ): Unabhängig von der Bewegungsrichtung waren die Reaktionszeiten nach stationärem Reiz kürzer als nach zentralen Schallreizen (Abb. 2B). Zudem zeigte eine Interaktion von Vorstimulation und Bewegungsrichtung ( $F[3,45] = 91,23$ ;  $p < 0,001$ ), dass eine Verlängerung der Reaktionszeiten vor allem bei Bewegungen *in* Richtung der vorangehenden seitlichen Schallreize auftrat, wohingegen Reaktionszeiten bei Bewegungen *zur Gegenseite* der vorangehenden Schallreize sich nicht von denen beim stationären Schallreiz unterschieden.

## Diskussion

Ein Einfluss vorangehender akustischer Stimulation auf die Bewegungsverarbeitung zeigte sich sowohl in den abgeleiteten elektrophysiologischen Korrelaten als auch in Verhaltensmaßen: Im Vergleich zu statischen Schallreizen bewirkten gleichlange Folgen räumlich randomisiert verteilter Schallreize vor allem dann eine Reduktion der bewegungsspezifischen kortikalen Aktivierung und eine psychophysisch gemessene Verzögerung der Bewegungswahrnehmung, wenn diese im gleichen Halbfeld wie die nachfolgende Bewegung lokalisiert waren; vorangehende Schallreize im gegenüberliegenden Halbfeld hatte hingegen nur einen geringen Einfluss auf die Bewegungsverarbeitung. Diese Befunde deuten auf Adaptationsprozesse hin, bei denen die Aktivierbarkeit einer für einen engumgrenzten Raumbereich spezifischen Neuronengruppe infolge vorangehender statischer Stimulation innerhalb dieses Bereiches abnimmt [4, 5]. Richtungsspezifische Adaptationsprozesse als Folge vorangehender Stimulation könnten demnach die Sensitivität für räumliche Änderungen von Schallquellen modulieren.

## Literatur

- [1] Krumbholz, K., Hewson-Stoate, N., Schönwiesner, M.: Cortical response to auditory motion suggests an asymmetry in the reliance on inter-hemispheric connections between the left and right auditory cortices. *J Neurophysiol* 97 (2007), 1649-1655
- [2] Getzmann, S.: Effect of auditory motion velocity on reaction time and cortical processes. *Neuropsychologia* 47 (2009), 2625-2633
- [3] Getzmann, S., Lewald, J.: Effects of natural versus artificial spatial cues on electrophysiological correlates of auditory motion. *Hear Res* 259 (2010), 44-54
- [4] McAlpine, D., Jiang, D., Shackleton, T.M., Palmer, A.R.: Responses of neurons in the inferior colliculus to dynamic interaural phase cues: evidence for a mechanism of binaural adaptation. *J Neurophysiol* 83 (2000), 1356-1365
- [5] Salminen, N.H., Tiitinen, H., Miettinen, I., Alku, P., May, P.J.: Asymmetrical representation of auditory space in human cortex. *Brain Res* 1306 (2010), 93-99