

# Untersuchungen zur audiovisuellen Entfernungs- und Geschwindigkeitswahrnehmung bewegter Quellen

Christoph Pörschmann<sup>1</sup>, Robert Sommer<sup>2</sup>, Robert Fiedler<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Fachhochschule Köln, 50679 Köln, E-mail: Christoph.Poerschmann@fh-koeln.de

<sup>2</sup>Fachhochschule Köln, 50679 Köln, E-mail: Robert\_Fiedler@web.de

<sup>3</sup>Fachhochschule Köln, 50679 Köln, E-mail: Sommer.Robert@web.de

## Einleitung

Die auditive Entfernung ortsfester Schallquellen, die sich in mittleren bis hohen Entfernungen zum Hörer befinden, wird maßgeblich durch die Hörerfahrung abgeschätzt. Bewegt sich die Schallquelle relativ zum Hörer, so werden die entfernungsbezogenen Merkmale zeitabhängig (interaurale Unterschiede, bewegungsabhängiger Immissionspegel und Doppler-Effekt) und liefern dem Hörer zusätzliche Information über den Bewegungsvorgang und die Entfernung zur Schallquelle. In vorangegangenen psychoakustischen Untersuchungen [1] konnte am Beispiel eines am Hörer vorbeifahrenden Fahrzeugs gezeigt werden, dass die Geschwindigkeitswahrnehmung maßgeblich von der (minimalen) Entfernung zwischen Quelle und Hörer abhängt. Es konnte auch gezeigt werden, dass binaurale Merkmale ebenfalls eine Rolle spielen. Im Gegensatz dazu wird die Entfernungswahrnehmung von Schallquellen, die sich an dem Hörer vorbeibewegen, maßgeblich durch die Hörerfahrung und die Lautheit des Hörereignisses dominiert.

Zur visuellen Wahrnehmung tragen neben der Erfahrung und Objektgröße Information über Augenstellung und Linsenform zur Entfernungswahrnehmung bei. Bei der Geschwindigkeitswahrnehmung wirken zum einen Winkelgeschwindigkeiten und die zugehörigen Augenfolgebewegungen. Zum anderen werden Teile des Hintergrundes durch das Objekt verdeckt (Abbildung 1), bei der Bewegung erfolgt ein kontinuierliches Verdecken und Aufdecken des Hintergrundes [2].

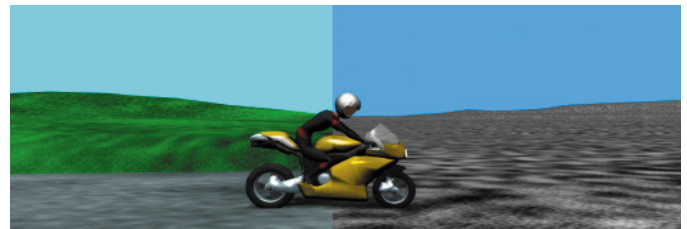
In den Untersuchungen wurden Stimuli eines frontal am Probanden vorbeifahrenden Fahrzeugs auditiv und visuell dargeboten. Es wird dargestellt, inwieweit die visuelle und die auditive Komponente, abhängig von der Detailgenauigkeit der visuell dargebotenen Reize, für die Geschwindigkeits- und die Entfernungswahrnehmung relevant sind.

## Versuchsaufbau und -durchführung

Es wurden zwei Experimente durchgeführt. In dem ersten wurde die wahrgenommene Entfernung im Moment der Vorbeifahrt, in dem zweiten die Geschwindigkeitswahrnehmung der vorbeifahrenden Objekte beurteilt. Der Versuchsaufbau war in beiden Experimenten identisch, einzig die von den Probanden zu beurteilende Größe wurde variiert. Die Vorbeifahrten eines Motorrads (BMW K1100RS) wurden mit einem Kunstkopf (Head Acoustics HMS III) in fünf unterschiedlichen Entfernungen zur Straße (4, 8, 12, 16, 20 m) und mit vier unterschiedlichen Fahrzeuggeschwindigkeiten (40, 60, 80, 100 km/h) aufgezeichnet. Bei den Aufnahmen, die auf öffentlichen verkehrssarmen Straßen in der Umgebung von

Köln durchgeführt wurden, wurden die Nebengeräusche u.a. von anderen Fahrzeugen minimiert, sind aber an bestimmten Situationen in den Aufnahmen deutlich wahrnehmbar.

Als visuelle Stimuli wurden mit drei verschiedenen Detailgenauigkeiten [2] artifiziell erzeugte Szenen auf einem 40 Zoll HD-LCD Bildschirm (NEC Multeos M40) präsentiert. Auf eine stereoskopische Darbietung wurde aufgrund der Rahmenbedingungen der Experimente verzichtet.



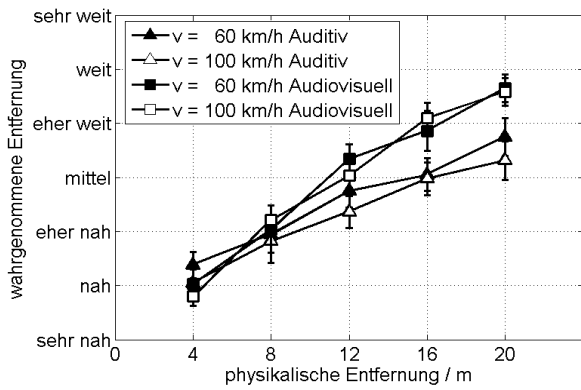
**Abbildung 1:** Die Stimuli wurden mit Hilfe einer 3D-Software mit einer Auflösung von 1920 × 720 Pixeln gerendert.

Die Stimuli wurden über einen diffusfeldentzerrten Kopfhörer (AKG-K240DF) in randomisierter Abfolge präsentiert. Die Versuchspersonen saßen in einem Betrachtungsabstand von 45 cm zum Bildschirm, so dass das Gesichtsfeld der Probanden durch das Display gut ausgefüllt wurde. Im Laufe des Versuches wurden die Stimuli jeweils rein auditiv, rein visuell sowie audiovisuell präsentiert. Hierbei galt es insbesondere die Plausibilität hinsichtlich der audiovisuellen Wiedergabe zu gewährleisten. Weitere Details zu dem Versuchsaufbau und der Durchführung der Experimente finden sich in [2].

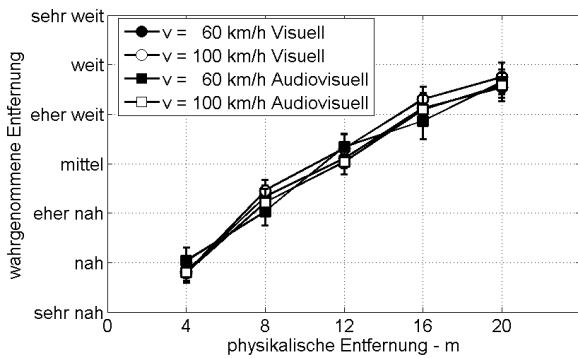
## Experiment 1: Entfernungswahrnehmung

Im Rahmen des ersten Experimentes wurden den Probanden in jeder Sitzung 60 Stimuli präsentiert (4 Geschwindigkeiten; 5 Distanzen, 3 Varianten: auditiv, visuell, audiovisuell). Die Beurteilung der wahrgenommenen Entfernung des Motorrads im Moment der Vorbeifahrt erfolgte auf einer siebenstufigen Skala. Diese Skala wurde schon in vorhergehenden Untersuchungen erprobt [1]. An dem Experiment nahmen 21 Probanden im Alter zwischen 22 und 48 Jahren teil, die Detailgenauigkeiten wurden in getrennten Sitzungen untersucht.

Abbildung 2 zeigt exemplarisch an den Beurteilungen der Stimuli für 60 km/h und 100 km/h, dass die Abhängigkeit der Entfernungswahrnehmung von der Geschwindigkeit relativ gering ist. Dies liegt darin begründet, dass der Emissionspegel bei dem aufgenommenen Motorrad von der Geschwindigkeit nahezu unabhängig war. Dies bestätigt den in [1] ermittelten Zusammenhang, dass auditiv die Lautheit maßgeblich für die Beurteilung der Entfernung ist.



**Abbildung 2:** Wahrnehmere Entfernung (Mittelwerte und 95%-Konfidenzintervalle) von auditiv und audiovisuell mit der max. Detailgenauigkeit dargebotenen Stimuli in Abhängigkeit von der Entfernung der Vorbeifahrt

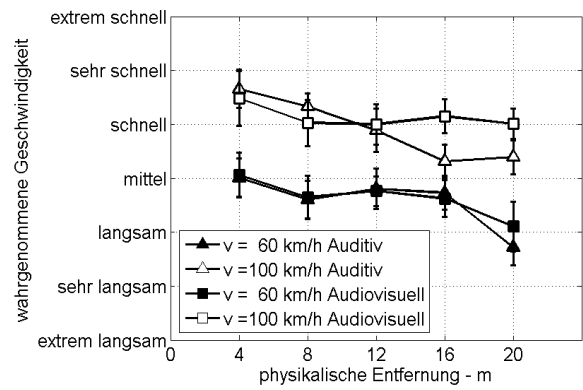


**Abbildung 3:** Wahrnehmere Entfernung (Mittelwerte und 95%-Konfidenzintervalle) von visuell und audiovisuell mit der max. Detailgenauigkeit dargebotenen Stimuli in Abhängigkeit von der Entfernung der Vorbeifahrt.

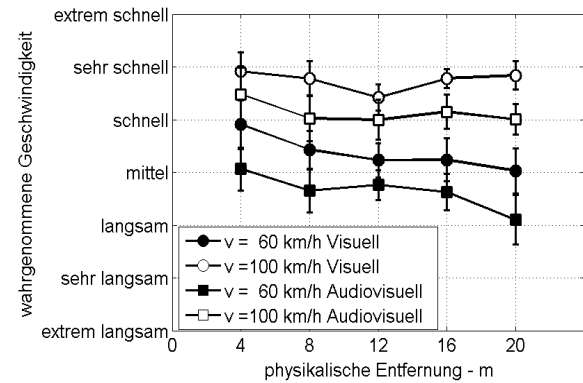
Weiterhin verdeutlicht Abbildung 2 eine große Abweichung zwischen der Beurteilung der audiovisuellen Stimuli und den rein auditiv dargebotenen Stimuli. Die Unterschiede zwischen der Darbietung von audiovisuellen Merkmalen und von visuellen Merkmalen sind hingegen vergleichsweise gering (Abbildung 3). Somit dominieren die visuellen Cues eindeutig die Entfernungswahrnehmung. Die im Rahmen der Untersuchungen ebenfalls getesteten Szenarien mit einer visuell geringeren Detailgenauigkeit zeigen vergleichbare Ergebnisse, allerdings ist hier der Beitrag der auditiven Komponente zur Gesamtwahrnehmung etwas größer.

### Experiment 2: Geschwindigkeitswahrnehmung

Im Rahmen des zweiten Experiments wurden dieselben Stimuli wie in Experiment 1 verwendet. Die Probanden hatten nun die Aufgabe, die Geschwindigkeit des Motorrads auf einer siebenstufigen Kategorienskala zu beurteilen [1]. Zwischen 18 und 21 Probanden im Alter von 21 bis 56 Jahren nahmen an den Sitzungen teil. Der Vergleich der auditiven und der audiovisuellen Darbietungsarten (Abbildung 4) zeigt, dass ein Hinzufügen von visuellen Reizen zu der auditiven Komponente eine Verringerung der Abhängigkeit von der Entfernung bewirkt. Dies ist auch plausibel, da die Entfernung über die visuellen Cues gut abgeschätzt werden kann. Eine detaillierte Auswertung ergab, dass der Einfluss der visuellen Cues mit zunehmender Detailgenauigkeit ansteigt.



**Abbildung 4:** Wahrnehmere Geschwindigkeit (Mittelwerte und 95%-Konfidenzintervalle) von auditiv und audiovisuell mit der max. Detailgenauigkeit dargebotenen Stimuli in Abhängigkeit von der Entfernung



**Abbildung 5:** Wahrnehmere Geschwindigkeit (Mittelwerte und 95%-Konfidenzintervalle) von visuell und audiovisuell mit der max. visuellen Detailgenauigkeit dargebotenen Stimuli.

Weiterhin verdeutlicht der Vergleich der visuellen und der audiovisuellen Darbietungsart, dass die auditive Komponente ebenfalls signifikant zur Geschwindigkeitswahrnehmung beiträgt. Die Urteile der audiovisuellen Darbietung liegen zwischen denen der visuellen und denen der auditiven Darbietungsarten und werden von beiden Modalitäten beeinflusst. Wird die Detailgenauigkeit der visuellen Darbietung reduziert, so verringert sich die Bedeutung der visuellen Komponente, die beobachteten Effekte bleiben aber erhalten.

### Zusammenfassung

Bei der Entfernungswahrnehmung von Schallquellen, die sich am Hörer vorbei bewegen, bewirkt das Hinzufügen einer auditiven Komponente zur visuellen nur eine geringfügige Veränderung der Wahrnehmung. Die visuellen Cues dominieren die wahrgenommene Entfernung. Hingegen tragen sowohl die auditive als auch die visuelle Komponente maßgeblich zur Geschwindigkeitswahrnehmung bei.

### Literatur

[1] Pörschmann, C., Störig, C. (2009). "Investigations Into the Velocity and Distance Perception of Moving Sound Sources," ACUSTICA/Acta acustica 95, pp. 696-706.  
 [2] Fiedler, R., Sommer, R. (2008). "Planung, Durchführung und Auswertung psychophysischer Experimente zur audiovisuellen Wahrnehmung bewegter Objekte," Diplomarbeit, Fachhochschule Köln.