# Einfluß einer optischen Komponente auf die Beurteilung der Lautheit von Fahrzeuginnengeräuschen bei Fahrt

Ch. Patsouras [1] , M. Böhm [2] , Th.G. Filippou, H. Fastl, D. Patsouras [1]
*AG Technische Akustik, MMK, TU München*
*[1] jetzt AKsys Akustikzentrum Worms*
*[2] jetzt Medizinische Hochschule Hannover, Klink für Hals-Nasen-Ohrenheilkunde*

## Einleitung

In früheren Untersuchungen konnte der Einfluß eines zusätzlich optisch dargebotenen Stimulus auf das Lautheitsurteil ([1], [2], [3], [4], [5], [6]) sowie auf die wahrgenommene Sprachqualität [7] nachgewiesen werden. In [8] wird darüber hinaus der Einfluß eines stehenden bzw. bewegten Bildes einer Zugvorbeifahrt auf das Lautheitsurteil untersucht. Hierbei befand sich die Versuchsperson bei Darbietung der optischen Komponente jedoch immer in der Position eines ruhenden Beobachters. Um einen noch stärkeren Einfluß des optischen Reizes auf die auditive Wahrnehmung zu provozieren, wird in der hier vorgestellten Studie die Versuchsperson bei Darbietung des optischen Stimulus in die Position eines dynamischen Beobachtungspunktes versetzt. Dies wird erzielt, indem das Video einer Autofahrt bei unterschiedlichen Fahrsituationen (Autobahnfahrt, Landstraße oder Stadt) akustisch und optisch dargeboten wird. Dies geschieht zum einen in einer Hörkabine mit Kopfhörer und Videobrille. Darüber hinaus wird erstmals die Interaktion von akustischer und visueller Information hinsichtlich der Lautheitswahrnehmung in einem Fahrsimulator studiert.

## Experimente

Zur Generierung der Stimuli für die Experimente wurden akustische und optische Aufnahmen während einer Autofahrt bei unterschiedlichen Fahrsituationen (Tab. 1) realisiert. Während zur Aufnahme der akustischen Stimuli ein Kunstkopf auf dem Beifahrersitz positioniert wurde, befand sich zur Aufzeichnung der optischen Stimuli eine Videokamera zwischen Fahrer- und Beifahrersitz 0,3 m von der Frontscheibe entfernt.

| Sequenz der Autofahrt | Fahrsituation |
|---|---|
| 1 | Zufahrt auf und Warten an roter Ampel |
| 2 | Zufahrt auf und Warten an roter Ampel |
| 3 | Stadt bei 30 km/h (Zone 30) |
| 4 | Stadt bei 50 km/h |
| 5 | Autobahnausfahrt bei ca. 50 km/h |
| 6 (Ankerschall) | Landstraße bei 60 km/h |
| 7 | Stadt bei 60 km/h (unebener Straßenbelag) |
| 8 | Autobahntunnel bei 80 km/h |
| 9 | Autobahn bei 170 km/h |

**Tabelle 1: Fahrsituationen der akusto-optischen Stimuli.**

Die Dauer der dargebotenen Sequenzen betrug zwischen 22 und 28 Sekunden. Die Darbietung der akustischen Stimuli erfolgte freifeldentzerrt über einen zum Kunstkopfsystem zugehörigen Kopfhörer. Die optischen Stimuli wurden in einer ersten Versuchsreihe zunächst in einer Hörkabine über Videobrille [1] dargeboten, in einer weiteren Versuchsreihe wurde der Hörversuch in einem Fahrsimulator mit Projektion der Videosequenz über Beamer durchgeführt, wobei sich die Versuchsperson auf der Fahrerposition des Fahrzeugs befand.

Verwendete psychometrische Methode war Größenschätzung mit Ankerschall, wobei Sequenz 6 bei rein akustischer Präsentation als Ankerschall fungierte. An den Experimenten nahmen 11 normalhörende Versuchspersonen im Alter zwischen 24 und 59 Jahren (Median 25 Jahre) teil, wobei jeder der akusto-optischen Stimuli jeweils drei mal zu beurteilen war.

## Mittlere Beeinflussung

Abbildung 1 zeigt die Ergebnisse des Experiments für den Fall „Hörkabine mit Darbietung über Videobrille“. Die neun nach rechts aufgetragenen Sequenzen der Autofahrt sind bezüglich der beurteilten Lauheit bei rein akustischer Darbietung aufsteigend angeordnet. Die Resultate der rein akustischen Präsentation der Sequenzen sind mit ausgefüllten Symbolen, die der akusto-optischen Darbietung mit offenen Symbolen dargestellt.

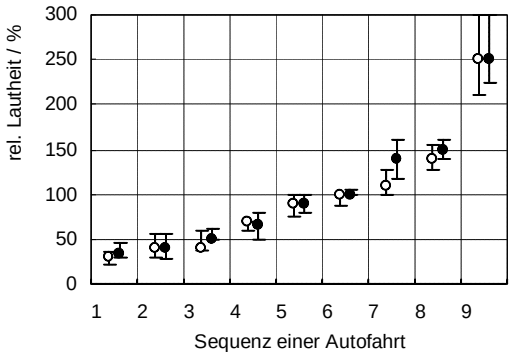


**Abbildung 1: Rel. Lautheit der neun Sequenzen bei gleichzeitiger Darbietung des Videos über Videobrille (offene Symbole) und bei rein akustischer Darbietung (ausgefüllte Symbole), Ankerschall: Sequenz 6 bei rein akustischer Präsentation.**

Die Werte für die beurteilten Lautheiten unterscheiden sich bezüglich der beiden Konditionen im Mittel in fünf der neun Sequenzen. Die Größe des Unterschieds liegt zwischen 3 und 30 %, wobei vier der fünf unterschiedlich beurteilten Sequenzen bei gleichzeitiger Videodarbietung leiser beurteilt wurden. Die größte Differenz von 30 % konnte bei Sequenz 7, Stadtfahrt bei 60 km/h und unebenem Straßenbelag, gemessen werden.

Ein Wilcoxontest basierend auf den Einzelurteilen ergibt für vier der neun Sequenzen (Sequenz 1, 3, 6 und 7) auf einem Signifikanzniveau von 5 % statistisch signifikante Unterschiede zwischen den beiden Konditionen.

Wird das Experiment im Fahrsimulator wiederholt, so resultieren die in Abbildung 2 dargestellten Urteile. In diesem Fall zeigen sich im Mittel in sechs der neun Sequenzen Unterschiede in der Lautheitsbeurteilung. Die Unterschiede belaufen sich nun auf Werte zwischen 7 und 50 %, wobei die zusätzliche optische Darbietung die empfundene Lautheit nun ausschließlich reduziert. Auch eine Überprüfung der Einzelurteile auf statistisch signifikante Unterschiede bestätigt bei fünf der neun Sequenzen (Sequenz 1, 3, 4, 7 und 8) die Unterschiede in der Beurteilung.

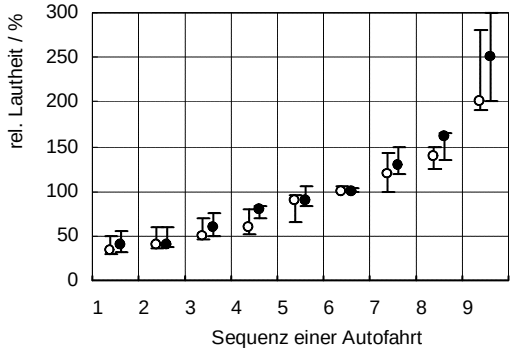


**Abbildung 2: Rel. Lautheit der neun Sequenzen bei gleichzeitiger Darbietung der Videos im Fahrsimulator (offene Symbole) und bei rein akustischer Darbietung (ausgefüllte Symbole), Ankerschall: Sequenz 6 bei rein akustischer Präsentation.**

## Individuelle Beeinflussung

Bereits in früheren Untersuchungen ([2], [3]) hat sich gezeigt, daß sich die Messung des Einflusses einer zusätzlichen optischen Komponente auf das auditive Urteil als äußerst vielschichtig erweisen kann. Um die Beeinflussung einer einzelnen Versuchsperson darzustellen, wird deshalb über die Differenzen der Beurteilung mit und ohne optische Komponente aller beurteilten Schalle gemittelt. Abbildung 3 zeigt die sich somit ergebenden individuellen Beeinflussungen aller elf Versuchspersonen. Zur besseren Veranschaulichung sind die Werte einer Versuchsperson durch Geraden verbunden.

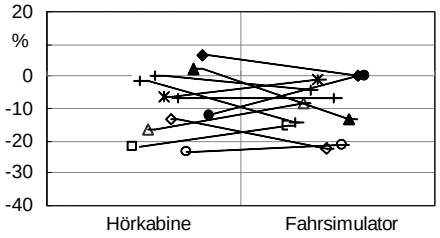


**Abbildung 3: Individuelle Beeinflussung des Lautheitsurteils durch die optische Komponente bei Darbietung über Videobrille bzw. im Fahrsimulator.**

Eine individuelle Beeinflussung in Richtung geringerer Werte der Lautheit ist nahezu bei allen Versuchspersonen und bei beiden Varianten zu erkennen. Interessanterweise jedoch reagieren die Versuchspersonen nicht einheitlich auf die neue Versuchsumgebung des Fahrsimulators: während einige Versuchspersonen zu einer größeren Unterschätzung der Geräusche neigen, reagieren andere mit einer Verringerung der Beeinflussung. Abbildung 4 zeigt die Mediane und Wahrscheinlichen Schwankungen der individuellen Beeinflussungen aller Lautheitsurteile.

Somit resultiert für den Fall der Versuchsumgebung „Hörkabine“ eine mittlere individuelle Lautheitsreduktion von -6,7 % und für den Fall der Versuchsumgebung „Fahrsimulator“ ein Wert von -8,3 %.

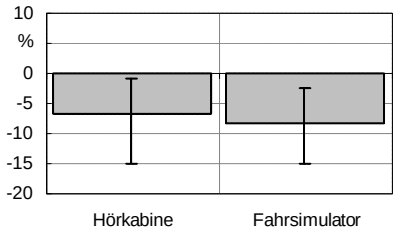


**Abbildung 4: Mittlere individuelle Lautheitsreduktion durch die optische Komponente bei Darbietung über Videobrille bzw. im Fahrsimulator.**

## Zusammenfassung

Befindet sich die Versuchsperson bei Betrachtung der Videosequenzen in einer dynamischen Position, so werden durch die zusätzliche optische Präsentation meist Unterschätzungen in der Lautheit erzielt, wobei sich die Unterschiede bei einzelnen Sequenzen im Mittel auf bis zu 30 % belaufen. Auch die individuellen Beeinflussungen der einzelnen Versuchspersonen reichen für diesen Fall von +6 % bis zu -22 %. Als mittlere individuelle Beeinflussung des Lautheitsurteils resultiert ein Wert von -6,7 %.

Wird das Experiment im Fahrsimulator durchgeführt, so verstärkt sich die Tendenz, die Geräusche bezüglich ihrer Lautstärke zu unterschätzen. Im Mittel konnten dadurch bei einzelnen Sequenzen Differenzen im Lautheitsurteil von bis zu 50 % gemessen werden. Die individuellen Beeinflussungen der einzelnen Versuchspersonen bewegen sich nun ausschließlich im negativen Bereich bis -21 %. Daraus resultiert eine mittlere individuelle Beeinflussung des Lautheitsurteils von -8,3 %.

Die Autoren danken der Deutschen Forschungsgemeinschaft für die Förderung dieser Arbeit im Rahmen des Projektes FA 140/2.

### *Referenzen*

[1] Patsouras, Ch., Böhm, M.: Visueller Kanal oder Ablenkung? Einfluß einer optischen Komponente auf die Beurteilung der Geräuschqualität von Fahrzeug-Innengeräuschen. In: Fortschr. der Akustik DAGA’02, DEGA, Oldenburg, 210-211 (2002).

[2] Patsouras, Ch., Filippou, Th.G., Fastl, H.: Influence of color on the loudness judgement. Proc. Forum Acusticum 02 Sevilla, CD-Rom (2002).

[3] Patsouras, Ch., Böhm, M., Fastl, H.: Beeinflussung des Lautheitsurteils durch stehende, schallfremde Bilder. In: Fortschr. der Akustik DAGA’03 (im Druck).

[4] Kuwano, S., Namba, S., Komatsu, M., Kato, T., Hayashi, Y.: Auditory and visual interaction in the aestetic evaluation of environment. In: Empirical Studies of the Arts, Vol. 19(2), 191-200 (2001).

[5] Suzuki, Y., Abe, K., Ozawa, K., Sone, T.: Factors perceiving sound environments and the effects of visual and verbal information on these factors. In: Contribution to Psychological Acoustics (A. Schick at al. Eds.), BIS Oldenburg, 209-232 (2000).

[6] Viollon, S., Lavandier, C., Drake, C.: A sound judgement depending on the urban visual setting? In: Forum Acusticum Berlin, CD-Rom , DEGA Oldenburg (1999).

[7] Fastl, H.: Sound design of machines from a musical perspective. In: Proc. SQS 2002 Deaborn (2002).

[8] Böhm, M., Patsouras, Ch., Fastl, H.: Beeinflussung des Lautheitsurteils durch Stand- oder Bewegtbilder. In: Fortschr. der Akustik DAGA’03 (im Druck).