

# Wahrnehmung von Warn- und Informationssignalen

Gordon Seitz<sup>1</sup>, Steffen Hecht<sup>2</sup>, Andreas Kaufmann<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Volkswagen AG, 38436 Wolfsburg, Deutschland, Email: gordon.seitz@volkswagen.de

<sup>2</sup> Fachhochschule Magdeburg, 39011 Magdeburg, Deutschland, Email: steffen.hecht@student.fh-magdeburg.de

<sup>3</sup> Fachhochschule Oldenburg, 26121 Oldenburg, Deutschland, Email: andreas.kaufmann@audio.fh-oldenburg.de

## Einleitung

Auditive Signale sind Bestandteil des Bedienkonzeptes in modernen Kraftfahrzeugen. Die verwendeten Klänge sollen den Fahrzeugführer innerhalb eines systemabhängigen Zeitfensters zu einer erwünschten Handlung animieren. Die akustischen und psychoakustischen Parameter tragen zur Deutung der Signale wesentlich bei.

## Motivation

Für die Gestaltung von auditiven Mensch-Maschine Schnittstellen im Kfz gibt es derzeit nur wenig Normen und Empfehlungen [1,2, 3,4].

Typischerweise werden mehrere spezifische Klänge gestaltet und in zeit- und kostenaufwendigen Hörversuche ausgewählt. Durch die Identifizierung von objektiven Parametern mit denen die subjektiven Urteile von Probanden vorhergesagt werden können, verringern diesen Aufwand.

Ein weiterer Gesichtspunkt bei der Gestaltung von Warnsignalen ist die Unterscheidbarkeit. Untersuchungen [5] zeigen, dass im Kraftfahrzeug nicht mehr als vier Signale verwendet werden sollten.

Weitere Rahmenbedingungen sind neben der technischen Realisierbarkeit, die Wahrnehmbarkeit im fahrzeugtypischen Geräuschfeld und die Akzeptanz beim Kunden.

## Untersuchungsgegenstand

Im Rahmen von drei Versuchsreihen wurden Fahrzeugsignale von 28 Fahrzeugen verschiedener Marken hinsichtlich ihrer Semantik untersucht, Wahrnehmungsschwellen ermittelt und der Unterscheidbarkeitsgewinn durch eine räumliche Aufteilung der Signalquellen untersucht.

## Semantik von Warn- und Informationssignalen

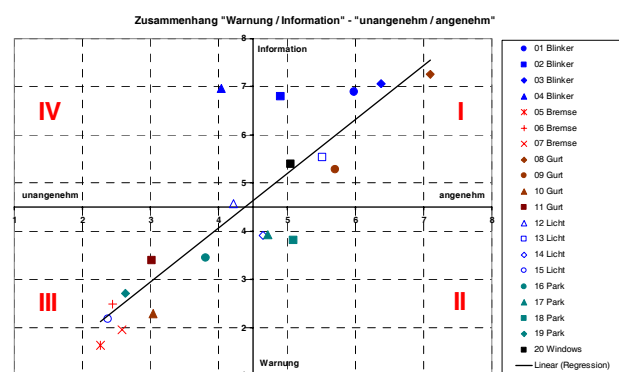
Im Rahmen eines Hörversuches wurden 55 Probanden in zwei Durchgängen jeweils 20 Signale dargeboten. Die Probanden hatten die Aufgabe, das Signal in zwei Dimensionen zu bewerten:

1. angenehm/unangenehm
2. Warnsignal/Informationssignal

Verwendet wurde dabei eine Skala von 1-8. Ein Warnsignal ist als ein Signal definiert worden, das sehr zeitnah eine Reaktion zur Abwendung einer Gefahr erfordert. Ein Informationssignal weist dagegen nur auf eine zeitunkritische notwendige Handlung hin.

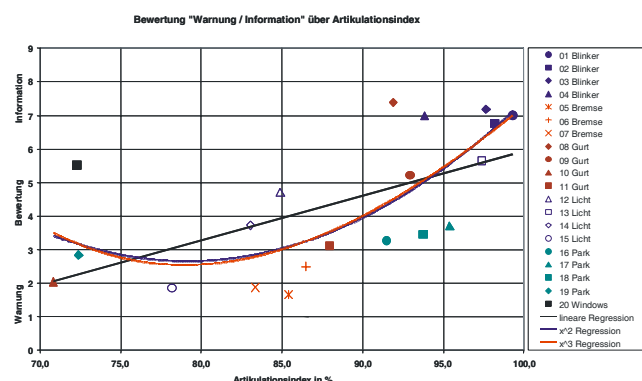
Die Analyse der Daten zeigte, dass die Probanden sehr gut in der Lage die jeweils gleichen Signale ähnlich zu bewerten. Über 80% aller individuellen Bewertungen wichen in beiden Urteilsdimensionen um nicht mehr als zwei Punkte innerhalb der Durchgänge voneinander ab.

Die Mittelwerte der Bewertungen im zwei-dimensionalen Merkmalsraum sind in Abbildung 1 dargestellt.



**Abbildung 1:** Die Subjektivurteile im zweidimensionalen Bewertungsraum lassen einen linearen Zusammenhang zwischen Warnsignal/unangenehm und Informationssignal/angenehm erkennen. Einige Signale können kontextunabhängig nicht eindeutig zugeordnet werden.

Zwischen den beiden Urteilsdimensionen ist ein linearer Zusammenhang erkennbar. Bestimmte im Hörversuch dargebotene Signale werden jedoch durch die Probanden nicht wie erwartet den Extrema zugeordnet.



**Abbildung 2:** Dargestellt sind die Bewertungen der Signale und die lineare, quadratische sowie kubische Regression in der Urteilsdimension „Warnung – Information“ bezogen auf den Parameter „Artikulationsindex“

Auch aufgrund der nicht gegebenen Orthogonalität (Unabhängigkeit) der Parameter sind die Korrelationskoeffizienten sehr gering (max. 0,5). Nichtlineare Ansätze können unter Umständen zu besseren Ergebnissen führen (Abbildung 2).

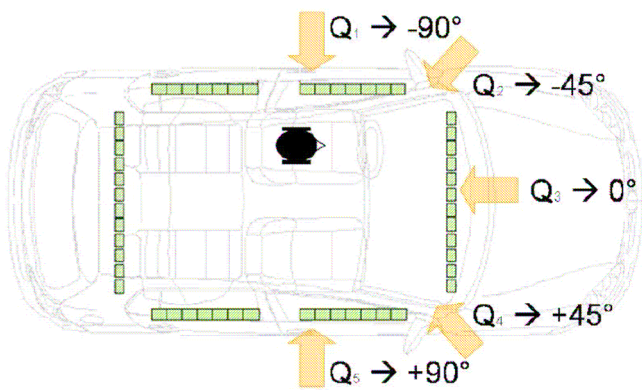
### Unterschiedsschwellen (Just Noticeable Differences)

In einer zweiten Versuchsreihe wurden im Einzel-Hörversuch, basierend auf einem Informations- und einem Warnsignal, die gerade noch wahrnehmbaren Schwellen bestimmt. Die dafür ausgewählten Parameter (Grundfrequenz, Tastverhältnis, Schärfe und Rauigkeit) haben, basierend auf den ersten Versuchsergebnissen, einen überdurchschnittlichen Einfluss auf die Bewertung des Signals und sind relativ einfach zu beeinflussen.

Die signalspezifischen mit adaptiven Force-Choice Verfahren ermittelten Schwellen liegen über den aus der Literatur [6] bekannten Schwellen. Die unerwünscht mit geänderten Parameter sind für die Schwellenfindung nicht relevant gewesen.

### Einfluss der Quellenpositionierung

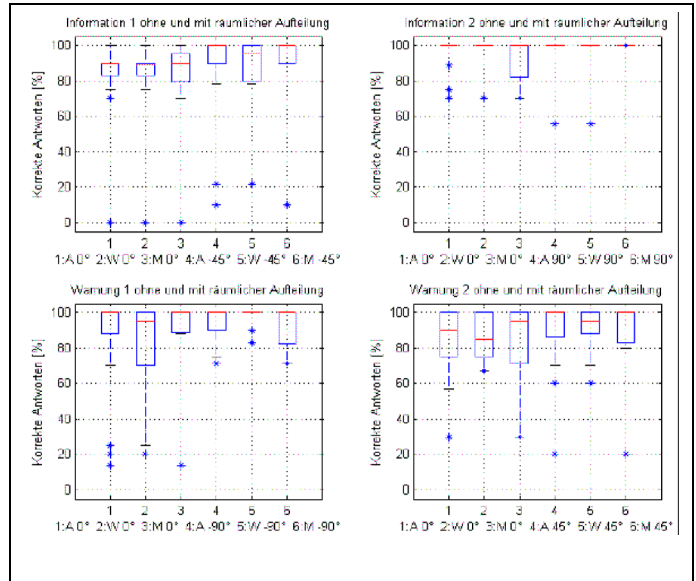
Basierend auf den ermittelten Schwellen wurden vier eindeutig in allen vier Parametern unterscheidbare Signale für die Untersuchung im Fahrsimulator ausgewählt. Diese Signale wurden den Probanden während einer simulierten Fahrt in drei Phasen (Anlernen, Training und Test) jeweils von vorn und einer weiteren Richtung über ein Wellenfeldsynthesystem eingespielt (Abbildung 3) und durch binaurale Fahrgeräusche maskiert.



**Abbildung 3:** Die vier Signale wurden jeweils frontal und aus einer festen Einfallrichtung mittels eines Wellenfeldsynthesystems als ebene Wellenfronten im Fahrsimulator eingespielt.

Durch Betätigung einer fest zugeordneten Taste im Multifunktionslenkrad erfolgt die Identifizierung der Signale durch den jeweiligen Probanden. Die räumliche Anordnung der Signalquellen führt, verglichen mit bereits unterscheidbaren Signalen, weder zu signifikant

unterschiedlichen Reaktionszeiten noch zu geringeren Fehlerraten (Abbildung 4).



**Abbildung 4** Die dargestellten Häufigkeiten der richtig identifizierten Signale zeigt nur tendenziell eine Verbesserung durch die räumliche Aufteilung der Quellen (1 vs 4). Diese ist jedoch nicht signifikant.

### Zusammenfassung und Ausblick

In den einzelnen Versuchsreihen konnte die Fähigkeit der Probanden, konsistente Signalbewertung abzugeben, nachgewiesen werden. Der Versuch der Vorhersage von subjektiven Urteilen durch einzelne akustische/psychoakustische Signalparameter, führt zu keinem eindeutigen Ergebnis. Basierend auf der vorhandenen Datenbasis können Faktoranalysen, Parameterkombinationen, Clusterung oder andere nichtlineare Ansätze zu einer Verbesserung der Vorhersage führen.

Durch den Einsatz von Signalen, die sich mindestens anhand der vier untersuchten Parameter um die ermittelten Schwellen unterscheiden, führt eine räumliche Anordnung nicht signifikant zur Verbesserung der Reaktionszeiten und zur Verringerung der Fehlinterpretationen.

### Literatur

- [1] DIN EN ISO 15006, Entwurf Oktober 2002
- [2] Recommendations from eSafety-HMI Working Group, Paris, 2005
- [3] StVZO §55
- [4] Suggested Human Factors Design Guidelines for Driver Information Systems, P.Green, W. Levison, G. Paelke, C. Serafin, Technical Report UMTRI-93-21, 1993
- [5] Verkehrspsychologie, D. Klebelsberg, Springer Verlag, Berlin, 1982
- [6] Bases of Hearing Science, J. Durrant, J. Lovrinic, Williams & Wilkins, Baltimore, 1995