

Untersuchung der Wirksamkeit von Acoustic Vehicle Alerting System (AVAS) Sounds mit Hilfe von virtueller Simulation

Margareta Urbaniak, Aydin Yesildag, Jörg Becker-Schweitzer

*Institute of Sound and Vibration Engineering (ISAVE), Hochschule Düsseldorf,
Münsterstraße 156, 40476 Düsseldorf, E-Mail: margareta.urbaniak@study.hs-duesseldorf.de*

Einleitung

Die Gesetzgebung der EU fordert aufgrund von leisen Motorgeräuschen von Elektro- und Hybridfahrzeugen ein akustisches Warnsystem -Acoustic Vehicle Alerting System (AVAS)- zum Schutz der übrigen Verkehrsteilnehmer. In der Regel werden Sounds im Hinblick auf ihre Kollisionsverhütung für Blinde und Fußgänger untersucht. Moderne innerstädtische Verkehrssituationen beinhalten jedoch nicht nur klassische Verkehrsteilnehmer wie Fußgänger und Fahrradfahrer, sondern auch Scooter- oder E-Bike Fahrer. Im Zuge der fortwährenden Entwicklung von Elektromobilität haben sich diese neuen Fortbewegungsmittel in das moderne Stadtbild gefügt und sind aus einem innerstädtischen Verkehrskonzept nicht mehr wegzudenken; diese müssten somit hinsichtlich der Wirksamkeit von AVAS Sounds somit mitberücksichtigt werden. Vor diesem Hintergrund hat eine Untersuchung an der Hochschule Düsseldorf zur Wirksamkeit von AVAS Sounds bei Kollisionsverhütung mit modernen innerstädtischen Fortbewegungsmitteln stattgefunden. [1]

Am Institute of Sound and Vibration Engineering (ISAVE) wurde zur Untersuchung innerstädtischer Geräuschumgebungen ein Segway-Simulator konstruiert [2]. Der Segway-Simulator ist in ein interaktives VR-Software-System eingebunden, wobei die visuell- akustisch gestaltete VR-Umgebung der Simulation einer Segway-Fahrt im Stadtverkehr dient. Hierbei können sowohl reale Audio- und Video-Aufnahmen als auch rein „synthetische“ virtuelle Welten im Audio- und Videobereich Anwendung finden.



Abbildung 1: Segway-Simulator mit zugehörigem VR-Equipment. (Quelle: Spies N., Gökcen N., 2019) [2]

VR-Systemkonzept

In der vorliegenden Untersuchung geschieht die Audiovisuelle Interaktion mit Hilfe der VR-Entwicklungsumgebung Unity. [3] Sensomotorische Bewegungsdaten werden über eine gekoppelte Platinen-Elektronik [4] an eine Matlab-basierte Anwendung übertragen. Für die visuelle Wahrnehmung der 3D modellierten

Umgebung wird eine VR-Brille mit Echtzeit-Headtracking verwendet. Die akustische Umgebung wird mit Hilfe von Kopfhörern und Binauralton dargeboten. Durch die intuitive Bedienform des modellhaften Nachbaus mit einer Lenk- und Kippvorrichtung sowie mit Tritt- und Grifffläche wird eine hohe Stufe der Immersion erreicht und der Fokus gleichermaßen auf die haptische, taktile, auditive, vestibuläre und visuelle Wahrnehmung gelegt.

Sound Synthese

Die Sounds für die Versuchssimulation wurden mittels eines softwarebasierten synthetischen Klangerzeugers realisiert. Dabei wurde für die Simulationsanwendung auf die Audio-Engine FMOD Studio zurückgegriffen. [6] Bei den synthetisch generierten Sounds wurde dabei insbesondere großer Wert auf authentische Reifenfahrbahngeräusche der Avatar-Fahrzeuge gelegt. Es wurden dabei 3 verschiedene Fahrzeugtypen auralisiert:

1. Elektro-Hybridfahrzeuge ohne AVAS (nur Reifenfahrbahnrollgeräusche)
2. Elektro- Hybridfahrzeuge mit AVAS und Reifenfahrbahnrollgeräuschen
3. Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor und Reifenfahrbahnrollgeräusch

Eine entfernungsbedingte Pegelabnahme (Abstand des Probanden zum Auto) sowie eine geschwindigkeitsabhängige Pegel- und Frequenzänderung wurden bei der Implementierung der generierten Sounds berücksichtigt. Eine Änderung der betreffenden zugehörigen Audio-Elemente wurde in Echtzeit durch Filterwirkung von schallundurchlässigen Hindernissen binaural unter Verwendung von Häuserkantenabschattung mit Richtungsbezug in die VR-Umgebung realisiert.

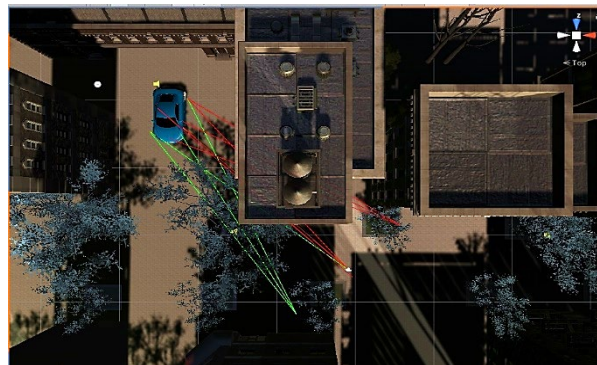


Abbildung 2: Schallschattenfunktion (rote Linien: Kollision, grüne Linien: keine Kollision)

VR-Hörversuch

Um die Wirksamkeit der AVAS Sounds zu untersuchen wurden Hörversuche durchgeführt. Ziel der Untersuchung war es u.a. zu prüfen, ob die Wahrnehmung von Elektro- und Hybridfahrzeugen bei einer Segwayfahrt durch die Vorgaben der EU-Verordnung für geräuscharme Fahrzeuge verbessert werden kann; weiter sollte festgestellt werden, ob die Mindestanforderungen der EU-Verordnung ausreichen, um Segwayfahrer, als Stellvertreter moderner innerstädtischer Fortbewegungsmittel, rechtzeitig auf Gefahrensituationen aufmerksam zu machen.

An dem Hörversuch haben insgesamt 27 Personen im Alter von 17 bis 60 Jahren teilgenommen. Das Durchschnittsalter betrug 28,3 Jahren (SD:7,7); davon 11,1% weibliche und 88,9% männliche Teilnehmer. Es haben Versuchsdurchläufe mit den jeweiligen Fahrzeugtypen (1-3) stattgefunden.

Die Versuchspersonen waren angewiesen einen Straßenzug mit dem Segway zu durchfahren und dabei ihren Weg kreuzende Fahrzeuge wahrzunehmen und die Fahrt zu verlangsamen, um Kollisionen zu vermeiden. Sie wurden im Vorfeld angewiesen auch auf etwaige Fahrzeugannäherungen zu hören.

Ergebnisse

Die im Rahmen des Hörversuchs gewonnenen Daten wurden ausgewertet und bieten einen aussagekräftigen Überblick über die entstandenen Kollisionen im Hörversuch. Aus einer Gesamtzahl von 1377 möglichen Kollisionen belief sich die Zahl der faktisch registrierten auf insgesamt 275 (ca.20%) Kollisionen.

Die folgenden Abbildungen zeigen zum einen die absolute Häufigkeitsverteilung, zum anderen die relative Häufigkeitsverteilung aller Kollisionen, die im Hörversuch registriert wurden.

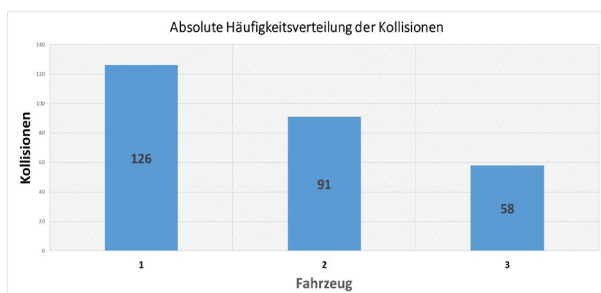


Abbildung 3: Häufigkeitsverteilung der Kollisionen (Fahrzeug 1: Elektro-Hybridfahrzeug ohne AVAS, Fahrzeug 2: Elektro-Hybridfahrzeug mit AVAS, Fahrzeug 3: Fahrzeug mit verbrennungsmotorischem Antriebskonzept) [1]

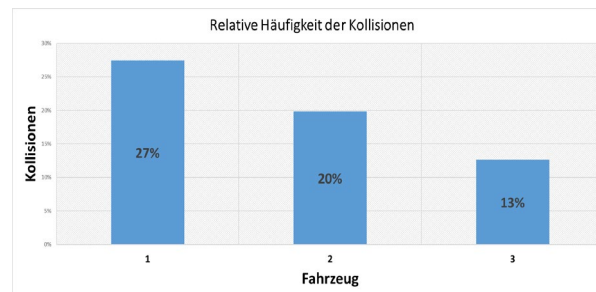


Abbildung 4: Relative Häufigkeit der Kollisionen in Prozent (Fahrzeug 1: Elektro-Hybridfahrzeug ohne AVAS, Fahrzeug 2: Elektro-Hybridfahrzeug mit AVAS, Fahrzeug 3: Fahrzeug mit verbrennungsmotorischem Antriebskonzept) [1]

Zusammenfassung

Ein Schwerpunkt der Studie lag in der Entwicklung einer geeigneten Simulationsumgebung, mit deren Hilfe gezielt Veränderungen der audiovisuellen Rückwirkungen der Umwelt auf moderne innerstädtische Verkehrsteilnehmer quantitativ untersucht werden können. Als geeignetes Mittel zur Untersuchung der Wirksamkeit von AVAS Sounds wurde dabei ein VR-Konzept eines Segway-Simulators und eines 3D-basierten Soft- und Hardware Tools (3D Entwicklungsumgebung [3], VR-Brille [5]) verwendet. Dabei wurde eine virtuelle Fahrt im Stadtverkehr abgebildet und die Probanden einer Gefahrensituation von möglichen Kollisionen mit Fahrzeug-Avataren ausgesetzt.

Grundsätzlich zeigen die Ergebnisse der Studie, dass die Wahrnehmbarkeit von Elektro- und Hybridfahrzeugen durch die Einhaltung der gesetzlichen Mindestanforderungen verbessert wird; zugleich jedoch festzustellen ist, dass die Auflagen bei Weitem nicht ausreichen, da konventionelle Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor in der Regel immer noch besser wahrgenommen werden als Elektro- bzw. Hybridfahrzeuge mit eingebautem AVAS. Es ist anzunehmen, dass die schlechtere Wahrnehmbarkeit des AVAS auf die zu niedrigen Vorgaben bezüglich des Mindestschalldruckpegels zurückzuführen ist.

Zur entwickelten Untersuchungsmethode im Rahmen der virtuell aufgesetzten Hörversuchsreihe lässt sich sagen, dass das VR-System erfolgreich bei der Untersuchung zur Wirksamkeit des AVAS Sounds eingesetzt werden konnte. Jüngere Probanden zeigten dabei intuitiv einen recht sicheren Umgang mit dem Simulationssystem, bei älteren Verkehrsteilnehmern war mitunter eine längere Einweisung in die Fahrfunktion des Segways erforderlich. Hinsichtlich einer Motion Sickness (VR-Krankheit) stellt eine kippbare Simulator-Bodenplatte wie beim Segway ein nicht zu vernachlässigendes Problem dar. Die Ergebnisse dieser Studie liefern die Basis für die Umsetzungen weiterer konsekutiver Versuchsreihen. In diesen Versuchsreihen soll zukünftig soll untersucht werden inwieweit innerstädtische Verkehrshintergrundgeräusche Einfluss auf die Kollisionsverhütung bei unterschiedlichen AVAS Sounds nehmen und ob es möglich ist, bei gleichem Schalldruckpegel gezielt Klangmerkmale zu entwickeln, die eine Kollisionsverhütung unterstützen. .

Literatur

- [1] Yesildag A., Untersuchung der Wirksamkeit von Acoustic Vehicle Alerting System Sounds mit Hilfe von virtueller Simulation, Bachelorarbeit, Institute of Sound and Vibration Engineering (ISAVE), Hochschule Düsseldorf, 2020
- [2] Urbaniak M., Skoda S., Becker-Schweitzer J., Virtual Reality-Systeme für Soundwalks in virtuellen Umgebungen, DAGA, Hannover, 2019, URL: <https://www.conforg.fr/bin/pdfdoc?dir=daga2020&lang=1&ref=DAGA2020/437&pwd=LIUMKQ> (Stand: 15.09.2021)
- [3] Unity, URL: <https://unity.com/de> (Stand: 15.09.2021)
- [4] Tinkerforge, URL: <https://www.tinkerforge.com/de/> (Stand:15.09.2021)
- [5] HTC Vive Pro, URL: <https://vive.com/de/> (Stand: 15.09.2021)
- [6] Firelight Technologies Pty Ltd., URL: <https://www.fmod.com/resources/documentation-studio?version=2.00&page=welcome-to-fmod-studio.html> (Stand: 15.09.2021)