

# SoundSäule - Interaktiver Geräuschumgebungs-Simulator

Siegbert Versümer, Sabrina Skoda, Jörg Becker-Schweitzer

Hochschule Düsseldorf, ISAVE, 40476 Düsseldorf, E-Mail: s.versuemer@hs-duesseldorf.de

## Einleitung

Im Rahmen eines vom BMBF geförderten Forschungsprojektes werden am *Institute of Sound and Vibration Engineering* (ISAVE) der Hochschule Düsseldorf die Wirkung und Vorhersagbarkeit komplexer Geräuschumgebungen untersucht. Hierbei kommen in einem vierstufigen Ansatz neben Labor-Hörversuchen auch Feldstudien zum Einsatz. Vorgefertigte Geräusche werden auf der ersten Stufe durch die Versuchspersonen bewertet. Auf der zweiten Stufe gestalten die Probanden ihre eigenen Geräuschumgebungen oder passen vorhandene Umgebungen nach Ihren Vorstellungen an. Sie bewegen sich auf der dritten Stufe frei in einem virtuellen Raum und begeben sich intuitiv beispielsweise an die angenehmste Stelle im Raum oder verändern die Umgebung so, dass sie gerade noch erträglich ist. Auf der vierten Stufe können mit den gewonnenen Erkenntnissen reale Lebensräume der Probanden so verändert werden, dass sie sich zum Beispiel wohler und weniger durch die Geräuschumgebung belästigt fühlen.

In den Fokus weiterer Forschungsaktivitäten wird die Reduktion der Lästigkeit von Verkehrslärm mittels Naturgeräuschen wie Vogelzwitschern und Brunnenrauschen gestellt [1, 2, 3]. Hierzu wurde für die erste Stufe als interaktive Hörversuchsplattform die *SoundSäule* entwickelt. Sie ermöglicht es Probanden eigene binaurale Geräuschumgebungen zu erstellen. Die Versuchspersonen positionieren die Quellen frei um sich herum und passen sie in ihrer Lautstärke nach eigenen Vorstellungen an. Dazu steht eine Bibliothek mit isolierten Geräuschen zur Verfügung. Die durch die Probanden erstellten Umgebungen werden dann anschließend durch andere Nutzer mittels Fragebogen bewertet.

## Umsetzung

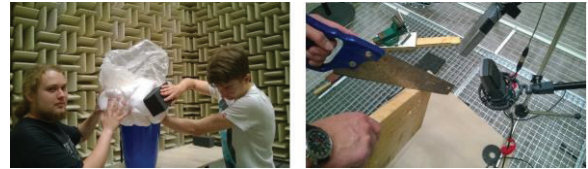
Die *SoundSäule* wurde im Rahmen eines studentischen Projektes innerhalb eines Semesters realisiert. Beteiligt waren Studierende der Studiengänge Medientechnik und Medieninformatik der Hochschule Düsseldorf. Neben dem Erwerb der Fertigkeiten wie Web-Programmierung, Audio-Recording und Befragungs-Methoden galt es auch, sich in Projektplanung, -steuerung, Teamwork und Kommunikation zu üben.

### Audio-Bibliothek

Für die Erstellung der akustischen Umgebung soll eine Vielzahl an authentischen Geräuschen zur Verfügung stehen. Hierzu wurden fünf alltägliche Lebensbereiche benannt: Badezimmer, Küche, Büro, Werkstatt und Natur. Alle für diese Lebensbereiche ausgewählten Geräusche wurden unter Freifeldbedingungen aufgezeichnet.

In manchen Situationen konnten die Schallquellen nicht in den reflexionsarmen Raum gebracht und dort in Betrieb genommen werden (Abb. 1). Dies war vornehmlich bei den Naturgeräuschen der Fall. Hier wurde, ähnlich der Arbeit

eines Foley-Artist aus dem Filmtone-Bereich, mittels anderer Materialien ein dem natürlichen Klang ähnliches Geräusch angenähert. Da zurzeit nur stationäre Quellen umgesetzt sind, werden noch keine Verkehrsgeräusche eingebunden.



**Abbildung 1:** Beispiele für die Erzeugung der Geräusche unter Freifeldbedingungen im reflexionsarmen Raum der Hochschule Düsseldorf: Links Regen, rechts Sägen.

## Binaural-Rendering und Rauminformation

Alle zur Verfügung stehenden Geräusche werden innerhalb eines virtuellen Raumes mit quadratischer Grundfläche um einen Hörer herum angeordnet. Die daraus resultierenden Richtungen und Entfernungen dienen als Parameter des binauralen Renderings in Echtzeit. Verwendung findet eine frei verfügbare Bibliothek des IRCAM (Institut de Recherche et Coordination Acoustique/Musique, Paris) [4]. Für eine verbesserte Räumlichkeit werden alle verwendeten Schallquellen mit einer von vier wählbaren Raumimpulsantworten aus Tabelle 1 gefaltet.

**Tabelle 1:** Die vier zur Verhallung verwendeten Räume

Raum	ursprüngliche Raumbezeichnung	Volumen [m <sup>3</sup> ]	T60 [s]
Klein	office room [5]	93	0,43
Mittel	lecture room [5]	371	0,78
Groß	R1 nuclear reactor hall [6]	3500	4,10
Outdoor	Koli national park - winter [6]	-	0,51

## Befragung

Mittels der hier vorgestellten Hörversuchsplattform können vielfältige wissenschaftliche Fragestellungen untersucht werden:

- Wie viele Geräusche verwenden Probanden durchschnittlich?
- Wie viele einzelne Schallquellen können Probanden gerade noch erkennen und benennen?
- Welche Geräusche werden verwendet um beispielsweise eine Wohlfühl-Atmosphäre zu erstellen?
- Mit welchen Geräuschen werden als besonders lästig empfundene Umgebungen zusammengestellt?
- Wenn eine Geräuschumgebung besonders unangenehm bewertet wird: Welche Quellen sind beteiligt?

- Können Probanden eine besonders lästige Geräuschumgebung so verändern, dass sie als weniger lästig empfunden wird, indem die Schallquelle anders platziert oder neue hinzugefügt werden? Welche Geräusche finden hierbei Verwendung?
- Können Probanden ihnen bekannte Geräuschumgebungen für sich stimmig in dieser Hörversuchsplattform nachbilden?
- Lassen sich mit den Ergebnissen der Befragung Berechnungen mittels eines Salienzmodells bestätigen? [7]

### Web-Programmierung

Diese Hörversuchsplattform wurde explizit für das am ISAVE existierende Terminal mit Touch-Display für den Browser Firefox für Windows 7 entwickelt. Im Hintergrund arbeitet XAMPP mit einem Apache und MySQL-Server.

Die Anwendung ist dreispaltig mittels Bootstrap aufgebaut (siehe Abb. 2). In der linken Spalte, der Geräusche-Bibliothek, erfolgt die Auswahl der Schallquellen. Sie sind in Kategorien der fünf Lebensbereiche unterteilt, welche sich durch Klick aufklappen lassen. Nachdem die Schallquellen durch den Benutzer in die Umgebung in der mittleren Spalte platziert wurden, sind sie in der rechten Spalte, der 30-sekündigen Komposition, als Listenelement eingefügt. Eine besondere Herausforderung war das "Mutter-/Tochter"-Konzept: Quellen, die aus der Bibliothek in die Umgebung eingefügt werden, legen als "Mütter" Richtung und Entfernung für das eigentliche Geräusch, ihre "Töchter", fest. Zu jeder "Mutter"-Instanz können bei entsprechend kurzen Geräuschen mehrere "Tochter"-Instanzen erstellt werden. Ihnen kann innerhalb der Komposition eine separate Lautstärke und ein eigener Startzeitpunkt zugeordnet werden.



**Abbildung 2:** Die Graphische Benutzeroberfläche. In der linken Spalte befinden sich die Räume zur Verhallung und die Schallquellen in der Geräusche-Bibliothek. Sie können dort vorgehört und in die Hörumgebung, die mittlere Spalte, gezogen werden. Sie sind in Bezug zum Hörer zu positionieren. In der rechten Spalte können sämtliche Geräusche auf einer 30-sekündigen Zeitleiste angeordnet und in ihrer Lautstärke angepasst werden.

### Ausblick

Für die Hörversuchsplattform sind folgende Weiterentwicklungen geplant:

- Frei positionierbare Hörerposition. Hiermit soll erforscht werden, welche Hörerpositionen innerhalb einer Geräuschumgebung Probanden besonders lästig oder angenehm empfinden.
- Erweiterung der Hörversuchsplattform um bewegte Quellen. So sind weiterführende Fragen hinsichtlich der Salienz beispielsweise von Verkehrsgeräuschen untersuchbar.
- Die Erstellung der Geräuschumgebung soll interaktiv innerhalb eines virtuellen Raumes ermöglicht werden. Probanden tragen hierzu eine VR-Brille und bewegen sich frei im Raum. Mittels Tracking und eines Tablets wählen, platzieren oder verschieben Sie die Schallquellen innerhalb der Umgebung.

### Referenzen

- [1] S. Skoda, J. Steffens, and J. Becker-Schweitzer. Road traffic noise annoyance can be reduced by water sounds. In Forum Acusticum, 2014.
- [2] J. Steffens, S. Skoda, J. Becker-Schweitzer, and M. Heinze. Can water sounds contribute to a reduced annoyance caused by road traffic noise in living environments? Lärmbekämpfung, 9(4): 172–179, July 2014.
- [3] M. E. Nilsson, Alvarsson J., M. Rådsten-Ekman, and K. Bolin. Auditory masking of wanted and unwanted sounds in a city park. Noise Control Eng. J., 5:524, 2010.
- [4] J. Arnau. Binaural module for the web audio api. <https://github.com/Ircam-RnD/binauralFIR>. [Online, Stand 12. März 2018].
- [5] M. Jeub, M. Schäfer, and P. Vary. A binaural room impulse response database for the evaluation of dereverberation algorithms. International Conference on Digital Signal Processing, 10.1109/ICDSP.2009.5201259, 2009.
- [6] <http://www.openairlib.net/auralizationdb>. [Online, Stand 29. März 2018].
- [7] B. De Coensel, S. Vanwetswinkel, and D. Botteldooren. Effects of natural sounds on the perception of road traffic noise. Journal of the Acoustical Society of America, 129, 2011.

Fotos mit freundlicher Genehmigung von Jan Bendik, Nina Balde und Jörg Reich.