

# **Entwicklung einer mobilen Applikation zur Bestimmung raumakustischer Parameter**

Exposé zur Masterarbeit

Ralf Burgmayer

Matrikelnummer: XXXXXX

Technische Universität Berlin

[ralf.burgmayer@web.de](mailto:ralf.burgmayer@web.de)

Erstgutachter: Prof. Dr. Stefan Weinzierl

01. November 2016

## **Abstract**

Zur Messung und Evaluation der Akustik in Räumen existieren verschiedene rechnergestützte Systeme. Mit immer leistungsfähigeren mobilen Endgeräten bietet sich die Entwicklung eines Messsystems für Smartphones und Tablets an. Im Rahmen der Masterarbeit streben wir die Implementierung einer auf möglichst vielen Plattformen nutzbaren, mobilen Open Source-Applikation zur Bestimmung raumakustischer Parameter an. Daher soll die Anwendung zuerst als Webapplikation realisiert werden. Außerdem kann die Website als installierbare App für iOS-, Android- und Windows Phone-Geräte aufbereitet werden. Zusätzlich zu den für gewöhnlich betrachteten raumakustischen Parametern soll der Sprachübertragungsindex (STI) als Maß für die Sprachverständlichkeit implementiert werden. Die Anregung des Raumes erfolgt durch impulshafte Signale. Die Applikation soll sowohl das interne Mikrofon des Gerätes als auch externe Messmikrofone nutzen können, sowie eine einfach gehaltene und intuitive grafische Oberfläche bieten. Bei Verwendung eines geeigneten externen Mikrofons wird die gesamte Übertragungskette konform zu den Normen DIN 18041, DIN EN ISO 3382, DIN EN 61672-1, DIN EN 61260-1 und DIN EN 60268-16 sein. Außerdem wird eine Dokumentation zur Anwendung verfasst, die eine Erweiterbarkeit sicherstellt. In einem letzten Schritt wird die Anwendung durch Vergleich mit einem bereits existierenden Messsystem evaluiert.

## **Einleitung und Fragestellung**

Die Messung und Evaluation akustischer Gegebenheiten in Gebäuden ist ein zentraler Bestandteil der Planung und Durchführung raumakustischer Optimierungen. Es existieren zahlreiche rechnergestützte Systeme zur Erfassung von Raumimpulsantworten und zur Berechnung raumakustischer Parameter. Im Hinblick auf die Beliebtheit von Smartphones und Tablets und deren Transportabilität sowie auf die heutzutage in den Endgeräten verbauten leistungsstarken Technologien wird im Rahmen dieser Masterarbeit eine mobile Applikation zur Erfassung und Auswertung monauraler raumakustischer Parameter sowie des STI implementiert. Das Projekt *Entwicklung einer mobilen Applikation zur Bestimmung raumakustischer Parameter* ist auf Grund des großen Umfangs für zwei Abschlussarbeiten ausgelegt. Meine Aufgabe ist die Implementierung aller monauralen raumakustischen Parameter, des Bassverhältnisses und des STI sowie einer Oktavband- und Terzbandfilterbank.

## **Stand der Entwicklung**

Neben den zahlreichen computerbasierten Messsystemen existieren auch für mobile Endgeräte eine Reihe von Applikationen zur Evaluation der akustischen Gegebenheiten in Räumen. Das Open Source-Projekt ClapIR, initiiert von der Northwestern University, USA, verfügbar für Android- und

iOS-Geräte, ist eine Anwendung, die die Nachhallzeit eines Raumes aus impulsiven Stimuli berechnet. Die Ergebnisse der Messung beschränken sich jedoch auf die frequenzabhängigen Nachhallzeiten sowie den Frequenzgang und den Lärmpegel im Raum. Die kostenpflichtigen Anwendungen Impulse Response von Studio Six Digital und Room Scope von Faber Acoustical, LLC bieten umfangreichere Möglichkeiten zur Messung und Analyse von Raumakustik. Die Anwendungen bieten zusätzlich Sweep-Signale als Stimuli und berechnen alle aus der Impulsantwort ableitbaren und in Norm DIN EN ISO 3382 (Deutsches Institut für Normung, 2009) definierten monauralen raumakustischen Größen. Die Applikationen beinhalten jedoch keine Berechnung des Sprachübertragungsindex und sind auf iOS-Geräte beschränkt.

## **Anforderungen und Realisierung der Applikation**

Mit dem Ziel, eine auf möglichst vielen Plattformen lauffähige, mobile und umfassende Applikation zur Erfassung und Auswertung raumakustischer Gegebenheiten zu implementieren, wird die Anwendung als Webapplikation realisiert. Somit ist die Anwendung auch auf Desktoprechnern und Laptops in den verfügbaren Standard-Browsern als Website ausführbar. Da die Funktionalität der Browser der mobilen Endgeräte bezüglich Audioanwendungen in Webapps noch einigen Restriktionen unterliegt (Mozilla Foundation, 2005), wird die Web-Anwendung mittels dem Framework Apache Cordova als installierbare Applikation für iOS und Android aufbereitet. Die für mobile Endgeräte einfach und intuitiv zu gestaltende grafische Oberfläche wird mithilfe der Softwarebibliothek Nexus UI realisiert. Für genauere Informationen zur Realisierung der Signalaufnahmealgorithmen und der grafischen Oberfläche wird auf Rosenkranz (2016) verwiesen. Die Auslegung als Open Source-Projekt und die Möglichkeit einer nachträglichen Erweiterung der Applikation erfordern schließlich noch eine ausführliche Dokumentation. Um gültige Messungen zu gewährleisten soll der gesamte Signalweg von der Messung bis zur Auswertung und Darstellung der Ergebnisse konform zu den Normen DIN 18041 (Deutsches Institut für Normung, 2016), DIN EN ISO 3382, DIN EN 61672-1 (Deutsches Institut für Normung, 2014), DIN EN 61260-1 (Deutsches Institut für Normung, 2014) und DIN EN 60268-16 (Deutsches Institut für Normung, 2012) gestaltet werden. Zur Raumanregung werden ausschließlich impulshafte Stimuli verwendet. Um normative Konformität sicherzustellen werden externe Messmikrofon auf Eignung geprüft und gegebenenfalls verwendet. Die Signalverarbeitung wird in JavaScript implementiert. Die Applikation wird die Option bieten, sowohl die aufgenommenen Impulsantworten als auch die Ergebnisse als Emailanhang zu versenden.

## Übersicht des zu bearbeitenden Teilbereichs

Der Umfang des von mir zu bearbeitenden Anteils umfasst die folgenden Teilbereiche:

### *Implementierung eines Oktav- und Terzbandfilters*

Der Filter wird als minimalphasiger Infinite Impulse Response-Filter realisiert. Die genau erforderlichen Spezifikationen der Filterbank sind in der Norm DIN EN 61260-1 definiert. Die Koeffizienten werden vorab für eine Auswahl fester Ordnungen in Matlab berechnet. Sobreira-Seoane, Pérez Cabo und Jacobsen (2012) identifizieren drei Fehlerquellen bei der Filterung der Signale, die sich negativ auf die Berechnung der akustischen Kenngrößen auswirken: das Zeitverhalten sowie der Frequenz- und Phasengang des Filters. Zur Kompensation der Filtereffekte wird die Option auf eine Time-Reversed-Filterung nach Jacobsen (1987) implementiert.

### *Implementierung der akustischen Parameter*

Alle raumakustischen Parameter, die im Rahmen dieser Masterarbeit implementiert werden, werden in der Norm DIN EN ISO 3382 beschrieben. Zusätzlich wird das Bassverhältnis nach Weinzierl (2008) implementiert. Alle Parameter werden für die Oktav- oder Terzbänder im Frequenzbereich zwischen 125 Hz und 4 kHz direkt aus der Impulsantwort berechnet (Schroeder 1965).

### *Implementierung des Sprachübertragungsindex*

Der STI dient als Maß zur objektiven Evaluation der Sprachverständlichkeit und wird nach DIN EN 60268-16 (Deutsches Institut für Normung, 2012) aus der gemessenen Impulsantwort durch Berechnung der Modulationstransferfunktionen nach Schröder (1981) bestimmt.

### *Evaluation des externen Messmikrofons (in Zusammenarbeit mit Andreas Rosenkranz)*

Zusätzlich zur Verwendung des im Endgerät verbauten gerichteten Mikrofons soll, im Sinne der Konformität zur Norm DIN EN 61672-1 und der verlässlicheren Bestimmung der Parameter, die Möglichkeit bestehen externe Messmikrofone zu benutzen. Es existieren bereits eine Reihe speziell für Smartphones gefertigte Messmikrofone. Hierzu werden ausgewählte Mikrofone vermessen und auf deren Eignung geprüft.

### *Evaluation der mobilen Applikation*

Im letzten Schritt wird die Anwendung mit einem rechnergestützten Messsystem mittels Probemessungen verglichen. Mögliche Abweichungen und gegebenenfalls Fehler in den Ergebnissen werden evaluiert und diskutiert sowie gegebenenfalls korrigiert.

## Zeitplan

---

Oktober 2016

- Literaturrecherche
  - Einarbeitung in die Programmiersprache JavaScript
- 

November 2016

- Entwurf der Signalverarbeitung in Matlab
  - Implementation der Signalverarbeitung in JavaScript
- 

Dezember 2016

- Auswahl geeigneter Messmikrofone für mobile Endgeräte
  - Vorab-Evaluation der Signalaufnahme- und -verarbeitungsalgorithmen
- 

Januar 2017

- Akustische Vermessung des externen Mikrofons
  - Evaluation der App durch Vergleich mit rechnergestützten Messsystemen
- 

Februar und März 2017

- Verfassen der Arbeit
- Verfassen der Dokumentation
- Beseitigung von Programmfehlern

## Literaturverzeichnis

- Deutsches Institut für Normung. (Oktober 2009). DIN EN ISO 3382 Akustik - Messung von Parametern der Raumakustik. Berlin, Berlin, Deutschland: Beuth Verlag GmbH.
- Deutsches Institut für Normung. (Mai 2012). DIN EN 60268-16: Elektroakustische Geräte – Teil 16: Objektive Bewertung der Sprachverständlichkeit durch den Sprachübertragungsindex. Berlin, Berlin, Deutschland: Beuth Verlag GmbH.
- Deutsches Institut für Normung. (Oktober 2014). DIN EN 61260-1: Elektroakustik - Bandfilter für Oktaven und Bruchteile von Oktaven. Berlin, Berlin, Deutschland: Beuth Verlag GmbH.
- Deutsches Institut für Normung. (Juli 2014). DIN EN 61672-1: Elektroakustik - Schallpegelmesser - Teil 1: Anforderungen. Berlin, Berlin, Deutschland: Beuth Verlag GmbH.
- Deutsches Institut für Normung. (März 2016). DIN 18041: Hörsamkeit in Räumen - Anforderungen, Empfehlungen und Hinweise für die Planung. Berlin, Berlin, Deutschland: Beuth Verlag GmbH.
- Jacobsen, F. (1987). Time Reversed Decay Measurements. *Journal of Sound and Vibration*, 187-190.
- Mozilla Foundation. (2005). *Mozilla Developer Network*. Abgerufen am 21. November 2016 von Web Audio API:  
[https://developer.mozilla.org/de/docs/Web/API/Web\\_Audio\\_API#Browser\\_compatibility](https://developer.mozilla.org/de/docs/Web/API/Web_Audio_API#Browser_compatibility)
- Rosenkranz, A. (2016). *Expose zur Masterarbeit Entwicklung einer mobilen Applikation zur Bestimmung raumakustischer Parameter*. Berlin: Technische Universität Berlin.
- Schroeder, M. R. (1965). New method of measuring reverberation time. *Journal of the Acoustical Society of America*, 409 - 412.
- Schroeder, M. R. (1. November 1981). Modulation Transfer Functions: Definition and Measurement. *Acta Acustica united with Acustica*, S. 179-182.
- Sobreira-Seoane, M. A., Pérez Cabo, D., & Jacobsen, F. (2012). The Influence of the Group Delay of Digital Filters on Acoustic Decay Measurements. *Applied Acoustics*, 877-883.
- Tarzia, S. P., & Prem, S. (2012). The Hand Clap as an Impulse Source for Measuring Room Acoustics. *132nd Audio Engineering Society Convention* (S. 8585-8591). Budapest: Northwestern University.
- Taylor, B.; Allison, J.; Conlin, W; Oh, Y.; Holmes, D. (2011). Simplified Expressive Mobile Development with Nexus UI, NexusUp and NexusDrop. *International Conference on New Interfaces for Musical Expression* (S. 257-262). Oslo: Louisiana State University.
- Weinzierl, S. (2008). *Handbuch der Audiotechnik*. Berlin Heidelberg: Springer.