Interaktiver Zugang zur Phänomenologie der Akustik in der Hochschullehre

Michael Kohnen, Jonas Stienen, Janina Fels, Michael Vorländer

Institut für Technische Akustik, RWTH Aachen University, 52056 Aachen, Deutschland, Email: mko@akustik.rwth-aachen.de

Kurzfassung

Die zunehmende Medialisierung des Alltags und eine sich ändernde Erwartungshaltung an die Vermittlung von Lehrinhalten erfordern Lehrmaterialien, die audio-visuelle und interaktive Aufarbeitungen der akustischen Sachverhalte bieten. Die Demonstration akustischer Phänomene durch Animation und Auralisierung, als passive Instrumente der Lehre, oder die Darbietung von multimedialen Applikationen bei der jede/jeder Studierende aktiv interagieren kann, können akustische Zusammenhänge leichter zugänglich machen und zu einem tiefer greifenden Verständnis führen. Weitreichende technische Möglichkeiten zur Erzeugung solcher interaktiver Lerninhalte kann mit der internet-orientierten Entwicklungssprache HTML5 endgeräteunabhängig realisiert und öffentlich zugänglich gemacht werden. In diesem Beitrag werden Anwendungen vorgestellt, die zu diesem Zweck an der Hochschule entwickelt wurden. Diese stehen außerdem unter [1] öffentlich zur Verfügung.

Motivation

Multimediale Endgeräte wie Smartphones, Tablet Computer, Laptops und Desktop-PCs stehen heute nahezu jeder/jedem Studierenden zur Verfügung. Die Nutzung dieser Geräte zur Unterstützung der Lehre besitzt bisher jedoch meist einen passiven Charakter. Außerhalb von Videomaterialien und einfachen Hörbeispielen müssen Softwarepakete meist heruntergeladen werden und mit der lokalen Architektur kompatibel sein. Der damit verbundene Aufwand beinhaltet eine erhöhte Hemmschwelle zur Nutzung dieser Programme und ist meist für mobile Endgeräte gar nicht realisierbar. Eine weiteres Hemmnis wird durch Komplexität und Länge der Inhalte geschaffen. Soll es sich, wie hier, um vorlesungsergänzende Inhalte handeln ist es sinnvoll einzelne Inhaltspakete überschaubar zu halten um die Beiträge spontan aber vollständig zu erfassen, damit kurzzeitige Wartezeiten (etwa Bus- oder Zugfahrten) effizient genutzt werden können. Der spielerische, interaktive Zugang kann hierbei eine weitere Erleichterung bieten und soll zum tieferen Verständnis über die prüfungsrelevanten Inhalte hinaus motivieren.

Methoden

Multimediale Inhalte können passiv in Form von Videomaterial oder Hörbeispielen übertragen werden oder aber (inter-) aktiv in Form von Applikationen (Apps). Beide Methoden bieten Vor- und Nachteile die hier aufgeführt werden sollen.

Passive Methoden

Video- und Audiomaterialien bieten die Möglichkeiten langwierige Beschreibung durch erfahrbare Inhalte zu ersetzen um den Prozess des Verstehens maßgeblich zu beschleunigen und zu verbessern. Sie werden typischerweise vorlesungsbegleitend eingesetzt oder in so genannten Massive Online Open Courses (MOOC). Darin bieten insbesondere Lehrinhalte mit binauralem Bezug neue Möglichkeiten. Binaurale Signale können z.B. über Kopfhörer jedem präsentiert werden was für größere Auditorien nicht möglich ist. Abbildung 1 zeigt einen Videoausschnitt in dem die Mikrofonsignale des Kunstkopfes wiedergegeben werden. Unten links erscheint der Hinweis, dass in diesem Moment Kopfhörer benutzt werden müssen um einen korrekten Eindruck zu bekommen.

Abbildung 1: Ausschnitt aus einem Lehrvideo mit Wiedergabe binauraler Signale. Die Dozentin umrundet während des Vortrags den Kunstkopf. Links unten wird darauf hingewiesen, dass eine korrekte Wiedergabe nur über Kopfhörer funktioniert.

Des Weiteren kann in Videomaterialien die Wiedergabe jederzeit unterbrochen, wiederholt und fortgesetzt werden und somit die Lerngeschwindigkeit individuell angepasst werden. Als weitere Möglichkeit sollen hier Demonstrationen aufgeführt werden, die in der Regel nur für einzelne Personen korrekt dargeboten werden können, sodass sie in Großübungen gar nicht oder nur unter großem Zeitaufwand für jeden einzelnen erfahrbar sind. Lassen sich die Demonstrationen jedoch über vorhandene Endgeräte bei den Studierenden selber ausführen, kann dieses Problem umgangen werden.

Aktive Methoden

Zusammenhänge, die während der Vorlesung oder in passiven Methoden vermittelt werden, können teilweise nur ein oberflächliches Verständnis vermitteln. Oftmals wird den Studierenden dies erst bei der Konfrontation mit konkreten Aufgabenstellung bewusst. Um eine Selbsteinschätzung zu ermöglichen und die Konsequenzen der physikalischen Zusammenhänge zu präsentieren, sollen interaktive Methoden verwendet werden. Betrachtet man vorlesungsergänzende Materialien, besitzt der Nutzer aufgrund seines Vorwissens eine Erwartungshaltung gegenüber den Folgen seiner Interaktion. Stimmt die Reaktion des Systems nicht mit der Erwartung überein, wird das eigene Grundlagenwissen hinterfragt und bei Bedarf rekapituliert und erweitert. Stimmt Reaktion und Erwartung überein, kann das eigene Wissen eher als korrekt verstanden eingeschätzt werden. Um den Hinterfragungsprozess intuitiv zu halten, ist es wichtig zunächst nur wenige, einfache Effekte gleichzeitig zu betrachten. Dabei soll die spielerische und effektvolle Weise einen einfacheren und motivierenden Zugang erlauben als das Lösen von klassischen Aufgaben, zumal die Benutzung auch außerhalb der Lernphase vorgesehen ist. Viele (psycho-) akustische Zusammenhänge werden am einfachsten durch Graphen beschrieben, wie z.B. das Tonhöhenempfinden oder Maskierungseffekte. Um diese Graphen, und insbesondere deren Zustandekommen, verständlicher zu machen, können in den interaktiven Methoden diese Graphen selber erstellt werden. Dabei wird nicht nur automatisch die Versuchsdurchführung ersichtlich sondern auch der Graph selbst einprägsamer.

Implementierung

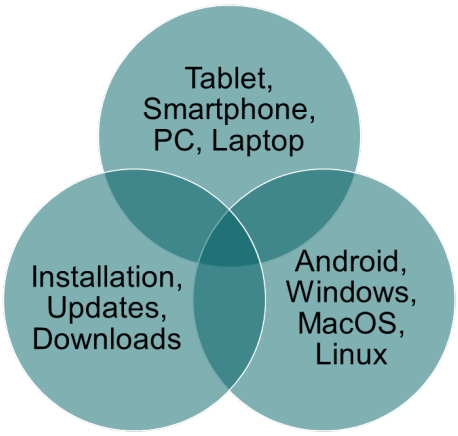

Abbildung 2: Probleme bei der Implementierung interaktiver Software für ein breites Portfolio an Rahmenbedingungen für die Nutzer. Insbesondere die Installation dedizierter Software stellen unnötige Hürden dar.

Die Implementierung von Softwareapplikationen stellt eine Reihe von Problemen dar. Zunächst sollen verschiedene Endgeräte, von Smartphones bis hin zum Standrechner, bedient werden. Diese besitzen alle unterschiedliche Betriebssysteme wie Android, MacOS und Windows. Standard Implementierung in C, MATLAB oder Python benötigen Compiler und Installationssoftware. Diese ist je nach Betriebssystem sehr unterschiedlich. Für den Entwickler bedeutet dies eine parallele Entwicklung der gleichen Software für verschiedene Betriebssysteme. Des Weiteren sind die Updatemöglichkeiten beschränkt sobald die Software einmal installiert ist oder nur Aufwändig mit einem automatischen Updatesystem realisierbar. Nicht zuletzt stellt der Installationsprozess eine Hürde für die Studierenden dar und ist z.B. für mobile Endgerät kaum vorstellbar.

Eine mögliche Lösung ist die Entkopplung der Implementierung von Gerättyp und Betriebssystems durch Nutzung von HTML5. HTML5 wird von allen gängigen Browsern unterstützt, welche auf fast allen Endgeräten bereits zur Verfügung stehen. Die Applikationen können einfach über eine URL abgerufen werden. Updates werden Serverseitig eingespielt und stehen bei erneutem Abruf der Seite sofort zur Verfügung, ohne dass ein Einwirken des Nutzers gefordert wird. Des Weiteren stellt WebKit bereits viele benötigten Features wie Faltung und Fouriertransformation zur Verfügung. Für die visuelle Oberfläche wurde CSS verwendet, erste Implementierungen mit WebGL erlauben dreidimensionale Darstellung von z.B. Richtcharakteristiken. Die Anwendungen sind dementsprechend überall, zu jeder Zeit, von jedem Gerät und ohne Aufwand abrufbar.

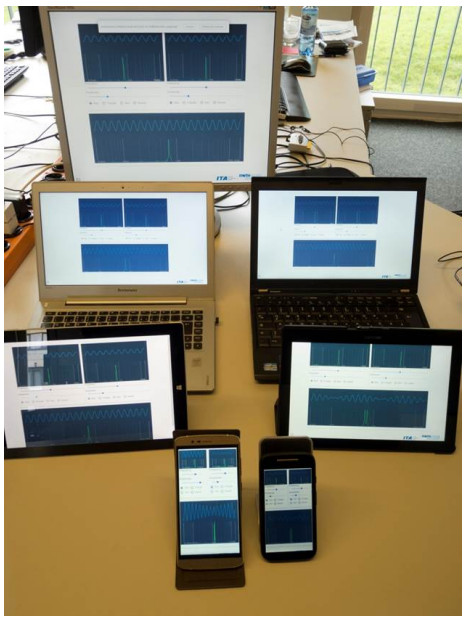

Abbildung 3: Die Applikationen laufen auf verschiedensten Endgeräten mit unterschiedlichen Betriebssystemen.

Um auch auf kleinen Endgeräten wie Smartphones eine einfache Bedienung und Übersichtlichkeit zu gewährleisten, sollten die Oberfläche skalierbar sein und aktuell nicht benötigte Inhalte ausblenden, wie z.B. Menü- oder Titelleiste. In Abbildung 4 lässt sich erkennen, dass z.B. die Menuleiste links durch eine Wischgeste ein- und ausgeblendet werden kann. Die Titelleiste minimiert sich automatisch, sobald man runter scrollt. Über den Vollbildmodus lässt sich diese sogar komplett ausblenden. Ein weiteres Problem stellt die Bedienung

von Zahlenfelder auf Touchscreens dar. Insbesondere bei kleineren Displays blockiert die virtuelle Tastatur einen Großteil der Bildschirmfläche. Um zu verhindern, dass Änderung nur diskret, also immer nur ein Zahlenwert, beobachtet werden können, wurden die Zahlenfelder so implementiert, dass diese durch Drücken angewählt werden und durch Ziehen des Fingers nach oben oder unten verändert werden. So lassen sich Änderung auch visuell beobachten, ohne die Kontrolle über den zu ändernden Parameter zu verlieren.

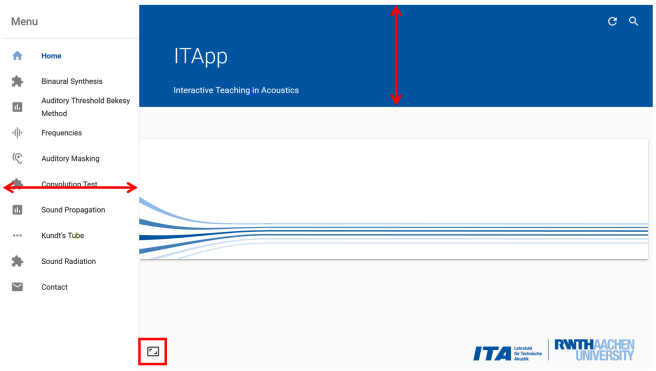

Abbildung 4: Die Oberfläche skaliert mit der Bildschirmgröße. Für Endgeräte mit kleinen Bildschirmen lässt sich die Menüleiste ausblenden. Die Titelleiste wird beim runterscrollen automatisch minimiert und kann bei Bedarf durch den Vollbildknopf links unten komplett ausgeblendet werden.

Beispiele

Alle Beispiele und weitere Anwendungen sind über einen Internetbrowser abrufbar, ein Entsprechender Link befindet sich im Literaturverzeichnis. Getestet werden explizit Chrome, Firefox und Opera. Unter jeder Anwendung befindet sich ein Feedbackfeld. Falls Probleme auftreten, können hierüber auch die Rahmenbedingungen mitgeschickt werden, wie z.B. genutzter Browser und Hardware.

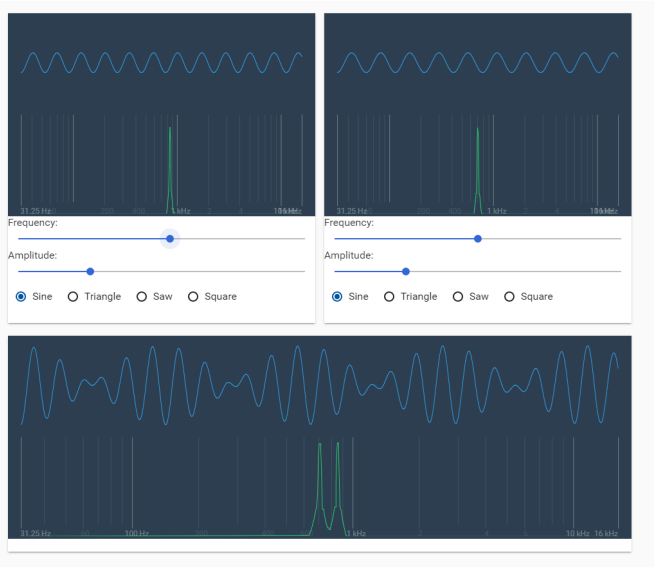

Abbildung 5: Unterschiedliches Verhalten der Summation zweier Signal kann visuell und auditiv untersucht werden.

Für Einführungsveranstaltungen gibt es die Möglichkeit mittels zweier Signalgeneratoren das Summensignal zu beobachten. Dabei lassen sich Frequenz, Pegel und Art (Sinus, Rechteck, Sägezahn etc.) des Signals ändern. Unterschiede zwischen zwei weit auseinander liegenden und zwei nah beieinander liegenden Frequenzen werden nicht nur visuell sondern auch auditiv im resultierenden Signal deutlich.

Abbildung 6: Schalldruck vor einer Wand wird visuell dargestellt, dabei lässt sich die Geschwindigkeit der Animation und der komplexe Reflektionsfaktor anpassen

Inspiriert durch Moving Acoustics [2] kann die in Abbildung 6 dargestellte Anwendung zum Verständnis von Schalldruckverhalten vor Wänden und stehenden Wellen genutzt werden. Neben der Zeitskalierung kann auch der komplexe Reflexionsfaktor verändert werden. Dargestellt sind von oben nach unten einfallende Welle, reflektierte Welle und resultierende Welle. Wählt man eine kleine oder gar keine zeitliche Änderung, kann man sehr gut die Wellenform erkennen und sich das grundlegende Prinzip der Darstellungsweise klarmachen. Bei sehr schneller zeitlicher Änderung sind die Knotenpunkte der stehenden Welle leicht erkennbar.

Eine eigene Maskierungskurve kann mit der in Abbildung 7 dargestellten Anwendung erreicht werden. Zwei schmalbandige Signale können in Lautstärke und Frequenzbereich variiert werden. Durch einfaches klicken der grünen Punkte kann eine Quelle ein oder ausgeschaltet werden, doppeltes klicken markierten den aktuellen Punkt der Quelle. Eine Quelle soll dabei fix als Maskierer eingestellt werden. Die andere Quelle wird nun für verschiedene Lautstärken solange in Richtung des Maskierers geschoben, bis sie gerade eben nicht mehr hörbar ist. Dieser Punkt wird dann markiert. Ob die Quelle noch hörbar ist, lässt sich durch ein- und ausschalten der Quelle überprüfen. Eine weitere Anwendung ermöglicht es eigene Hörschwellenkurve zu erstellen. Da die Kopfhörer nicht absolut kalibriert werden können, sollen die Nutzer ihr Endgerät zunächst auf eine Lautstärke einstellen,

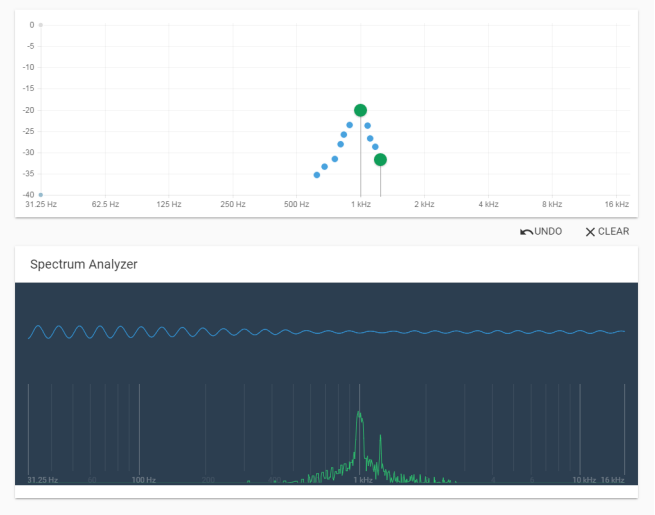

Abbildung 7: Die Maskierungskurve für zwei schmalbandige Signale soll selbst erstellt werden. Dazu wird der Maskierer an einem festen Punkt fixiert. Das zweite Signal wird solang in Richtung des Maskierers verschoben, bis es nicht mehr zu hören ist. Mit Doppelklick kann ein visueller, blauer Punkt gesetzt werden. Durch einmaliges klicken kann die Quelle ein und aus geschaltet werden, um einen Hörbarkeitstest zu machen.

bei denen sie den dargebotenen 1kHz Sinuston gerade noch hören können. Danach wird mit Bekesy-Verfahren die Hörschwelle angenähert. Die Ergebniskurve ist lediglich in ihrer Form evaluierbar, ein Vergleich zur Referenzhörschwelle kann dabei also nur qualitativ gemacht werden. In dem Ergebnisplot lassen sich die eigene, gemittelte Kurve, die gemessene Kurve und im Hintergrund eine Hörschwellenkurve aus der Literatur anzeigen.

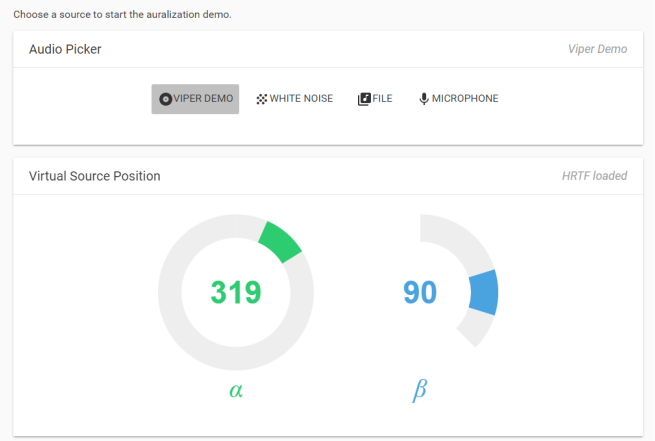

Abbildung 8: Räumliches Hören durch Binauralsynthese. Der linke Regler verändert die Einfallsrichtung der Quelle in der horizontalen Ebene, der rechte eleviert die Quelle. Neben voreingestellten Sounds können auch eigene Audiodateien geladen oder ein Mikrophon verwendet werden.

Um die Wirkung binauraler Signale zu erleben, soll die Anwendung in Abbildung 8 genutzt werden. Über die zwei Regler lässt sich eine Quelle in der Horizontal- und Vertikalebene verschieben. Neben voreingestellten Audiodemonstrationen lassen sich auch eigene Audiodateien einlesen.

Feedback

Vorüberlegungen zum Lernverhalten von Studenten und der Nutzbarkeit der Anwendungen stimmen leider nicht immer mit der Realität überein. Um Feedback und Anregungen zu bekommen, reicht der offizielle Evaluationsprozess oftmals nicht aus. Es ist also wünschenswert die Studenten in Form von studentischen Hilfskräften am Schaffungsprozess teilhaben zu lassen. Eine weitere studentische Hilfskraft aus dem vorherigen Kurssemester wird in die Übungsvorbereitung und Kleingruppenbetreuung integriert, um die Erfahrungen des letzten Kurses mit einzubringen und um den Studenten einen Ansprechpartner zu bieten gegenüber dem sie offener und ausführlicher Feedback geben können.

Verfügbarkeit

Die Website mit den Anwendung steht unter `http://gershwin.akustik.rwth-aachen.de/ITApp` frei zur Verfügung. Anregungen und Kritik können entweder an oben genannte Email erfolgen oder über das integrierte Feedbackfeld.

Danksagung

An dieser Stelle möchten wir unserer studentischen Hilfskraft Fabian Schlieper danken, der nicht nur die ganze Implementierungsarbeit übernommen hat, sondern auch mit seinen Ideen dazu beigetragen hat eine derart flexible und praktische Lösung zu finden.

Literatur

[1] ITApp - Interactive Teaching in Acoustics, URL: `http://gershwin.akustik.rwth-aachen.de/ITApp`

[2] Moving Acoustics, Chalmers University, URL: `http://www.ta.chalmers.se/education.php?page=moving`