

# Interaktiver audiovisueller Demonstrator psychoakustischer Phänomene

Florian Klein<sup>1</sup>, Anna Kruspe<sup>1</sup>, Martin Pfitzer<sup>1</sup>, Stephan Werner<sup>1</sup> und Karlheinz Brandenburg<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> TU-Ilmenau, Institut für Medientechnik, Fachgebiet Elektronische Medientechnik, 98693 Ilmenau,

E-Mail: [florian.klein@tu-ilmenau.de](mailto:florian.klein@tu-ilmenau.de), [anna-marie.kruspe@tu-ilmenau.de](mailto:anna-marie.kruspe@tu-ilmenau.de), [martin-franz.pfitzer@tu-ilmenau.de](mailto:martin-franz.pfitzer@tu-ilmenau.de),  
[stephan.werner@tu-ilmenau.de](mailto:stephan.werner@tu-ilmenau.de), [karlheinz.brandenburg@tu-ilmenau.de](mailto:karlheinz.brandenburg@tu-ilmenau.de)

<sup>2</sup> Fraunhofer Institut für Digitale Medientechnologie, 98693 Ilmenau, E-Mail: [bdg@idmt.fraunhofer.de](mailto:bdg@idmt.fraunhofer.de)

## Einleitung

Eine akustische Szene lässt sich durch eine Vielzahl von Parametern beschreiben, wie beispielsweise durch die Anzahl und die Signale von Schallquellen und durch akustische Rauminformationen. Die genannten Parameter lassen sich im Allgemeinen messtechnisch bestimmen; ihr Einfluss auf die Wahrnehmung der akustischen Szene wird jedoch stark durch die Psychoakustik beeinflusst. Es gibt eine große Anzahl an psychoakustischen Effekten, die sich in Aufbau und Wirkungsweise stark voneinander unterscheiden. Eine einfache und übersichtliche Präsentation und Beschreibung der Phänomene kann daher zu einem größeren Verständnis beitragen.

Es wird ein interaktives audiovisuelles Demonstrationstool vorgestellt, welches anschaulich einen Überblick über einige wichtige psychoakustische Phänomene gibt. Mit Hilfe einer grafischen Oberfläche wird der jeweils ausgewählte Effekt durch textuelle und grafische Darstellung (Bilder, Animationen) erläutert. Durch interaktive Steuerung der Effektparameter kann der Effekt selbstständig variiert werden.

## Psychoakustische Phänomene

Die Psychoakustik ist ein Teilgebiet der Psychophysik und untersucht, in welcher Weise Sinnesorgane auf physikalische Reizparameter reagieren.

Psychoakustische Erkenntnisse sind von hoher Bedeutung. Sie bieten eine Grundlage für technische Systeme, z.B. bei Beschallungssystemen und in der Medizintechnik. Stellvertretend sind beispielweise Wellenfeldsynthesensysteme oder Hörgeräte und Cochlea-Implantate zu nennen.

## Demonstrations-Tool PATTI

PATTI – „Psycho Acoustic Toolbox TU Ilmenau“ - ist eine Software zur Demonstration psychoakustischer Effekte. Sie ermöglicht das einfache Nachvollziehen von verschiedenen Effekten, welche interaktiv vom Nutzer beeinflusst werden können. Dieser Umgang mit den Phänomenen soll den Lernprozess interessanter gestalten und somit ein besseres Verständnis schaffen. Von einem Auswahlmenü für die Experimente gelangt der Benutzer zur Haupt-Oberfläche (GUI) von PATTI, welche in Abbildung 1 zu erkennen ist.

Dabei wird zum ausgewählten Experiment oben im Fenster eine kurze Anleitung angezeigt. Der untere Teil enthält eine anschauliche Darstellung des Effektes und Bedienelemente, um die Effektparameter zu verändern. Zusätzlich kann der Nutzer rechts eine Info-Leiste einblenden, in der eine tiefer

gehende Erklärung sowie weiterführende Literatur angeboten werden. Ganz oben im Fenster findet sich eine Toolbar, über die z.B. die Gesamtlautstärke gesteuert werden kann und das Auswahlmenü wieder angezeigt werden kann.

PATTI wurde in der Programmiersprache C++ implementiert und ist für Windows verfügbar. Für die Verwendung wird eine ASIO-fähige Soundkarte benötigt. Ist diese nicht vorhanden, kann PATTI auch mit ASIO4ALL ([www.asio4all.com](http://www.asio4all.com)) auf allen handelsüblichen Soundkarten betrieben werden.

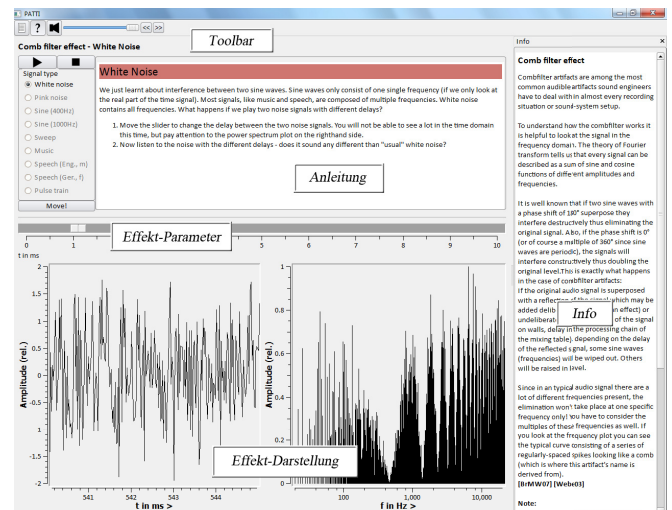


Abbildung 1: Benutzeroberfläche von PATTI

## Aufbau der Software

Der Aufbau des Programmes ist modular gestaltet, um später weitere Effekte hinzufügen zu können. Wichtig ist auch die Möglichkeit, die Software als Grundlage für weitere Applikationen, wie z.B. eine Hörtestsoftware, nutzen zu können. Dies wird durch eine strikte Trennung der Softwareelemente ermöglicht. Abbildung 2 zeigt den groben Programmaufbau.

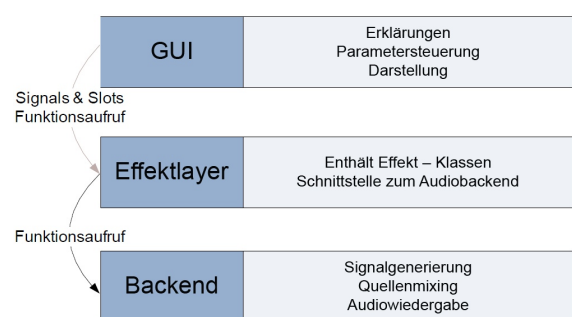


Abbildung 2: Allgemeiner Programmaufbau

### Audioschnittstelle

Als Audioschnittstelle wird die Open-Source-/Cross-Plattform-Schnittstelle *PortAudio* [1] genutzt. Neben der guten Dokumentation und einem C++-Wrapper bietet *PortAudio* ein leichtgewichtiges Interface für die Audioprogrammierung. Wichtig ist dabei vor allem der direkte Zugriff auf die auszugebenden Samples, da dies für die Modellierung der Effekte unbedingt notwendig ist. Andere Schnittstellen wie *OpenAL* [2] kommen wegen ihrer komplexen Audiorenderer nicht in Frage.

### Grafische Oberfläche

Für die grafische Oberfläche kommt die Bibliothek *Qt* [3] zum Einsatz, da diese sehr intuitiv verwendet werden kann, eine gute Dokumentation besitzt und sehr viele flexible Oberflächenelemente anbietet. Sie kann außerdem durch Zusatz-Bibliotheken erweitert werden, wie z.B. die Bibliothek *Qwt* für wissenschaftliche Anzeigeelemente wie Diagramme [10] oder *Phonon* für Videowiedergabe [11].

Mit Hilfe der grafischen Oberfläche werden die Experimente anschaulich aufbereitet. Der Benutzer findet Texte, Grafiken und Animationen vor, die das Verständnis erleichtern. Er hat zudem über verschiedene Oberflächenelemente die Möglichkeit, Parameter des Effekts (siehe Abbildung 1) zu beeinflussen und so dessen unterschiedliche Ausprägungen und Grenzen kennen zu lernen.

### Auswahl der psychoakustischen Effekte

Die Auswahl der Effekte wurde durch verschiedene Aspekte beeinflusst. Es ist wichtig, dass die Effekte anschaulich darstellbar sind und sich interaktiv gestalten lassen. Bei der Reihenfolge der Effekte innerhalb einer Kategorie wurde ein didaktischer Aufbau angestrebt. So bauen die Teileffekte mit steigender Komplexität aufeinander auf.

Der Ablauf der Effekte und die Wahl der Parameter orientieren sich hauptsächlich an der Literatur von Albert Bregman [4], Jens Blauert [5][6], R. K. Clifton [7], H. McGurk und J. MacDonald [8] sowie Brunner, Maempel und Weinzierl [9].

Die bisher erstellten Experimente teilen sich auf in die Gruppen

- „Akustische Illusionen“ (z.B. Phonemrestauration, McGurk-Effekt)
- „Kammfiltereffekt“
- „Lokalisation“ (z.B. Laufzeit- und Pegel-Stereophonie, Präzedenz- und Clifton-Effekt) und
- „Stream Segregation“.

### Einsatzmöglichkeiten und Weiterentwicklung

Die Software wurde als Demonstrationstool und als Hilfsmittel zur Lehre von psychoakustischen Effekten für Schüler und Studenten konzipiert. *PATTI* soll außerdem die Grundlage für eine zukünftige Hörtestplattform oder ähnliche Software (z.B. E-Learning-Programm mit Kontrollfunktion, Spiele) bieten.

In Zukunft wäre es wünschenswert, wenn die Software um zusätzliche Effekte erweitert wird. Es ist auch denkbar, die Software für jüngere Anwender umzugestalten und leichter verständliche Umsetzungen der Effekte hinzuzufügen. Eine

Möglichkeit zur Realisierung bietet dabei die Abteilung Kindermedien des Fraunhofer Instituts für Digitale Medientechnologie in Zusammenarbeit mit der TU Ilmenau.

Ein Nutzertest zur Anpassung und Erweiterung des didaktischen Aufbaus und des Bedienkonzeptes wird angestrebt. Dabei soll festgestellt werden, wie gut mit der Software psychoakustische Phänomene vermittelt werden können und welche Erweiterungen sinnvoll sind.

*PATTI* wurde im Rahmen eines Medienprojektes von Studenten der TU Ilmenau entwickelt. Es steht unter der GNU-GPLv3-Lizenz und darf damit frei verändert werden [12].

### Download von PATTI

Das Demonstrationstool *PATTI* wird unter <http://www.sourceforge.net/projects/patti> zum Download angeboten. Dabei kann zwischen einer lauffähigen Version unter Windows und dem Quelltext gewählt werden.

### Literatur

- [1] R. Bencina et al. *PortAudio - an Open-Source Cross-Platform Audio API*, Letzte Prüfung: 01.02.2010. <http://www.portaudio.com/>.
- [2] Online-Quelle: Creative Labs. *Home - OpenAL*, Letzte Prüfung: 01.02.2010. <http://connect.creativelabs.com/openal/default.aspx/>.
- [3] Online-Quelle: Nokia Corporation. *Qt - A cross-platform application and UI framework*, Letzte Prüfung: 01.02.2010. <http://qt.nokia.com/>.
- [4] A. S. Bregman. *Auditory Scene Analysis*. MIT Press. 1990.
- [5] J. Blauert. *Räumliches Hören Hauptband*. Hirzel Verlag. Stuttgart, 1974.
- [6] J. Blauert. *Räumliches Hören 2. Nachschrift*. Hirzel Verlag. Stuttgart, 1997.
- [7] R. K. Clifton. *Breakdown of echo suppression in the precedence effect*. *Journal Acoustical Society of America*, 82(5), pp.1834-1835, 1987.
- [8] H. McGurk und J. MacDonald. *Hearing lips and seeing voices*. *Nature* Band 264, 1976.
- [9] S. Brunner, H.-J. Maempel und S. Weinzierl. *On the audibility of comb-filter distortions*. In 122nd AES Convention, 2007.
- [10] Online-Quelle: U. Rathmann. *Qwt User's Guide: Qwt - Qt Widgets for Technical Applications*, Letzte Prüfung: 01.02.2010. <http://qwt.sourceforge.net/>.
- [11] Online-Quelle: M. Kretz. *Home: Phonon, Open Source Multimedia*, Letzte Prüfung: 01.02.2010. <http://phonon.kde.org/>.
- [12] Online-Quelle: Free Software Foundation, Inc. *GNU General Public License v3*, Letzte Prüfung: 13.03.2010. <http://www.gnu.org/licenses/gpl-3.0.html>.