

Neue Vorlesungen auf dem Gebiet der Akustik an der FH OOW

Matthias Blau

Institut für Hörtechnik und Audiologie, FH OOW, 26121 Oldenburg, Deutschland, Email: matthias.blau@fh-oldenburg.de

Einleitung

An der Fachhochschule Oldenburg/Ostfriesland/Wilhelmshaven existiert seit fast 6 Jahren der Studiengang "Hörtechnik und Audiologie" (H+A), in dem eine praxisnahe interdisziplinäre Ausbildung in einem breiten Bereich der Akustik und des Hörens stattfindet, siehe auch Beitrag von M. Hansen. Der Studiengang H+A wurde zum WS 05/06 von einem reinem FH-Diplom- auf einen konsekutivem Bachelor/Master-Studiengang umgestellt, der in Kooperation zwischen Fachhochschule und Universität in Oldenburg durchgeführt wird.

Wie aus dem Curriculum des Bachelor-Studiengangs (siehe Abb. 1 im Beitrag von M. Hansen) hervorgeht, gibt es 5 Pflichtlehrveranstaltungen aus dem engeren Gebiet der Akustik ("Physikalische Akustik", "Technische und Medizinische Akustik", "Psychoakustik I", "Psychoakustik II" und "Elektroakustik") sowie "Raumakustik" als Wahlpflichtfach. Daneben werden im Grundlagenpraktikum (3. Semester) und im Fortgeschrittenenpraktikum (4. Semester) akustische Versuche (Terzpegelanalyse von Geräuschen, Richtcharakteristik von Lautsprechern, Absorptionsgradbestimmung im Hallraum) angeboten. Schließlich haben die Studierenden im Projektpraktikum (5./6. Semester) jeweils ein ganzes Semester Zeit, um ein ausgewähltes Projekt tiefgründiger zu bearbeiten, wobei akustische Projekte (z.B. Programmierung eines Békésy-Audiometers, Elektroakustische Modellierung von Hörgeräte-Hörern, HRTF-basierter Surround) eine wichtige Rolle spielen.

In diesem Beitrag soll insbesondere auf einige Aspekte der Grundlagenvorlesung "Physikalische Akustik" eingegangen werden.

LV "Physikalische Akustik"

Die Lehrveranstaltung "Physikalische Akustik" ist die erste reine Akustikvorlesung bei H+A. Sie behandelt die Themen

1. Definition und Messung von Schall
2. Ausbreitung von Schall
3. Einfache Modelle von Schallstrahlern
4. Einfluß von Berandungen – Raumschallfeld

Zu den Besonderheiten zählt vor allem, daß die Lehrveranstaltung bereits im 3. Semester stattfindet, was deutlich früher als bei vielen vergleichbaren Vorlesungen ist, und daß es eine erhebliche Heterogenität bezüglich des intellektuellen Niveaus der Studierenden gibt. Den meisten gemein jedoch ist, daß sie als Studierende eines pra-

xisorientierten Studiengangs ein eher begrenztes mathematisches Interesse, insbesondere für das Operieren mit Differentialgleichungen, zeigen.

Es stellt sich also die Frage, wie man trotz dieser einschränkenden Rahmenbedingungen genügend Grundlagenwissen vermitteln kann, um die Studierenden zur wichtigsten Tugend des Ingenieurs, dem kritischen Analysieren komplexer Probleme mit anschließender Erarbeitung gangbarer Lösungen, zu führen.

Der mit dieser Frage verbundenen Herausforderung wird zum einen damit begegnet, daß auf die Herleitung und analytische Lösung von Wellengleichungen verzichtet, gleichzeitig aber Wert auf die Vermittlung der physikalischen Grundlagen gelegt wird. Die dadurch gewonnene Zeit wird für Betrachtungen zur numerischen Simulation akustischer Wellenfelder mit finiten Differenzen benutzt: Es ist relativ einfach zu zeigen, daß sich die allseits bekannte linearisierte Wellengleichung für den Schalldruck,

$$\Delta p(\vec{r}; t) - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 p(\vec{r}; t)}{\partial t^2} = 0, \quad (1)$$

in kartesischen Koordinaten bei Approximation der Differentiale durch zentrale Differenzenquotienten an der sogenannten COURANT-FRIEDRICHS-LEVY-Grenze (Schrittweite der örtlichen Diskretisierung ist gleich der Wurzel aus der Anzahl der Dimensionen, multipliziert mit der Schallgeschwindigkeit und der Schrittweite der zeitlichen Diskretisierung) in die rekursive Gleichung

$$p_{ijk}(n+1) \approx \frac{1}{3} \sum p_{\text{Nachbarn}}(n) - p_{ijk}(n-1) \quad (2)$$

überführen läßt (i, j, k sind die örtlichen Indizes, n der zeitliche). Auch hier muß man natürlich auf die Grenzen der Approximation hinweisen, die einerseits durch numerische Dispersion bei höheren Frequenzen, andererseits durch Schwierigkeiten bei der Behandlung bestimmter Randbedingungen gegeben ist. Letzteres kann man im Rahmen einer Grundlagenvorlesung gut vernachlässigen, indem man sich auf Schallfelder mit schallharten Begrenzungen beschränkt; zur Vermeidung von Dispersionproblemen erscheint es ausreichend, eine genügend dichte örtliche Diskretisierung ($< 0.1\lambda_{\min}$) anzunehmen.

Die in Gl. 2 gegebene diskrete Approximation der Wellengleichung ist Grundlage des Simulationsprogramms `vwt`), das durch freie Verfügbarkeit den Studierenden ein universelles Werkzeug zur qualitativen Analyse akustischer Welleneffekte in die Hand gibt. Dies soll anhand eines Beispiels im Abschnitt "Virtuelle Wellenwanne" illustriert werden.

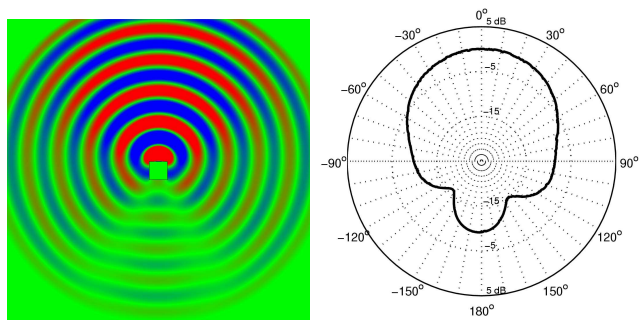


Abbildung 1: Abstrahlverhaltens eines Lautsprechers (Membrandurchmesser 10 cm) in einer geschlossenen Box (Würfel, Kantenlänge 20 cm). **Links:** Zweidimensionale Simulation mit `vwt`. **Rechts:** Gemessene Richtcharakteristik.

Virtuelle Wellenwanne – VWT

Das Programm `vwt` [1] ist derzeit unter <http://www.eas.iis.fhg.de/projects/simaksig/vwt/> frei verfügbar. Es erlaubt die zweidimensionale Visualisierung akustischer Welleneffekte mit einer beliebigen Anzahl von Schalldruckquellen und wahlweise schallharten oder absorbierenden Rändern. Seine Stärken kommen naturgemäß insbesondere dort zur Geltung, wo einfache analytische Verfahren nicht existieren, z.B. bei Beugungsproblemen.

Zur Illustration ist in Abb. 1 die Simulation des Abstrahlverhaltens eines Lautsprechers (Membrandurchmesser 10 cm) in einer geschlossenen Box (Würfel, Kantenlänge 20 cm) gezeigt. Eine derartige Lautsprecherbox wird im Praktikum "Richtcharakteristik von Lautsprechern" von den Studierenden untersucht. Sehr deutlich erkennt man in der Simulation das symmetrische Beugungsmuster, das durch die unterschiedlich langen Umwege des Schalls um das Hindernis (Box) zustande kommt. Die Messung der Richtcharakteristik zeigt, daß die Simulation die wesentlichen Effekte gut vorhersagen kann, siehe Abb. 1.

PureMeasurement

In der Ausbildung zum Ingenieur für Hörtechnik und Audiologie ist das eigenständige Erheben von Daten in Messungen und Hörversuchen ein sehr wichtiger Bestandteil. Wie bereits erwähnt, werden die damit zusammenhängenden Grundfertigkeiten in vielen Praktika vermittelt. Darüber hinaus ist es jedoch wünschenswert, daß die Studierenden selbständig praktische Meßerfahrung sammeln. Um diesen Prozeß zu befördern, werden am Institut für Hörtechnik+Audiologie zwei Projekte verfolgt, die Software zur Durchführung psychoakustischer Experimente (siehe Beitrag von M. Hansen) und akustischer Messungen zur Verfügung stellen.

Das Projekt `PureMeasurement` [2] (download unter <http://www.hoertechnik-audiologie.de/PureMeasurement/>) baut auf dem `Pure Data`-Projekt (<http://puredata.info>), einer interaktiven Umgebung zur Audiosignalverarbeitung (mit primären Fokus auf Erzeugung elektronischer Musik), auf. In Abb. 2 ist zum Beispiel ein in `Pure Data` realisierter einfacher

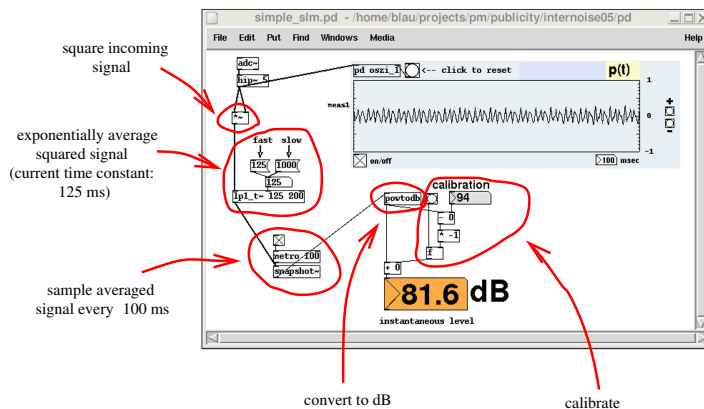


Abbildung 2: Ein einfacher Schallpegelmesser in `Pure Data` (pd). Außer dem Unterprogramm `oszi_1` sind ausschließlich Standardobjekte von `pd` und der Zusatzbibliothek `iemlib` verwendet.

Schallpegelmesser gezeigt. Dabei lag das Hauptaugenmerk auf größtmöglicher Simplizität, um zum einen die typischen Verarbeitungsschritte zur Bildung des Schalldruckpegels zu verdeutlichen und zum anderen bei einer möglichst niedrigen Einstiegsschwelle einen funktionierenden Schallpegelmesser zu erhalten.

Diese sehr einfache Stufe wird nun in `PureMeasurement` durch Werkzeuge (wie Terz- und Oktavfilter, A-Bewertung), Testsignale (Multitonsignale verschiedener Periodendauer und Phasenfunktionen) und Anwendungen (Übertragungsfunktionsmesser, Schallpegelmesser/-rekorder, Abklingkurvenrekorder) komplettiert.

Zusammenfassung

In diesem Beitrag wurde der Studiengang "Hörtechnik und Audiologie" an der FH OOW als neuer Studiengang mit einer breiten akustischen Ausrichtung vorgestellt. Als Antwort auf die Herausforderungen eines interdisziplinären FH-Studiengangs auf dem Gebiet der Akustik wurde insbesondere in der akustischen Grundlagenausbildung auf einer Mischung aus der Vermittlung physikalischer Grundlagen einerseits und breitem Einsatz moderner computergestützter Simulations- und Meßwerkzeuge andererseits gesetzt. In der Praxis wird dies durch zahlreiche Vorlesungsexperimente ergänzt.

Erste Erfahrungen sind, sowohl was die Abfrage der Studierenden an jedem Semesterende wie auch den Erfolg der Absolventen auf dem Arbeitsmarkt angeht, als durchweg positiv zu bezeichnen.

Literatur

- [1] A. Wilde. Die virtuelle Wellenwanne – Simulation der 2d Wellenausbreitung. DAGA 2003, Aachen (2003)
- [2] M. Blau. Acoustical Measurements for Everyone. Internoise 2005, Rio de Janeiro (2005)