

## Multimodale Lehrmedien in der Akustik

Tobias Ring<sup>1</sup>, Sabine C. Langer<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Institut für Konstruktionstechnik, 38106 Braunschweig, Deutschland, Email: t.ring@tu-braunschweig.de*

<sup>2</sup> *Institut für Konstruktionstechnik, 38106 Braunschweig, Deutschland, Email: s.langer@tu-braunschweig.de*

### Einleitung

Die Lehre in der Akustik ist geprägt von klassischen, ein-dimensionalen Lehrmethoden. Diese Lehrmethoden sprechen zumeist nur einen menschlichen Sinn an und sind daher in ihrer Effizienz begrenzt. In diesem Beitrag wird ein Ansatz vorgestellt, vorhandene Akustiklehre durch multimodale Lehrmedien zu unterstützen und dadurch den Studierenden eine Möglichkeit für effizientes und Studierenden-zentriertes Lernen zu geben. Die Umsetzung des Konzepts wurde durch eine eigene Förderlinie der TU Braunschweig ermöglicht.

### Ist-Zustand der Lehre am Institut

Am Institut für Konstruktionstechnik der TU Braunschweig werden zur Zeit sechs Module zur Akustik angeboten, *Einführung in die Technische Akustik* (vgl. [2]), *Technische Akustik*, *Vibroakustik*, *Akustische Messtechnik*, *Numerische Akustik* sowie die fachübergreifende Ringvorlesung *Faszination Akustik*. Die Module sind aus Vorlesung, Übung und in drei Fällen einer Laborveranstaltung aufgebaut. Die Lehre beschränkt sich vorwiegend auf die Vermittlung von Inhalten während der Präsenzphase, in der Selbstlernphase sind die Studierenden auf vorhandene Fachliteratur angewiesen. Während der Präsenzlernphase wird den Studierenden über die Vorlesungsinhalte hinaus extern vorhandenes Online-Lehrmaterial wie beispielsweise *ars auditus* von der Uni Wuppertal [1] zur Nutzung empfohlen, eigene Online-Lehrmaterialien beschränkten sich bisher jedoch auf ausgewählte Elemente auf der Onlineplattform *Stud.IP*.

### Die Förderlinie „in medias res“

An der TU Braunschweig existierte vom Sommersemester 2015 bis Sommersemester 2016 die Förderlinie *in medias res*. Das Programm zielte auf die Förderung und Entwicklung auf die Bedürfnisse der Fachbereiche zugeschnittener Lehr-Lernkonzepte unter der besonderen Berücksichtigung eines innovativen Medieneinsatzes ab. Die Förderlinie wurde in jedem Semester mit einem Schwerpunkt ausgeschrieben, dies waren „Game Based Learning“, „Flipped-Classroom“ und „Visualisieren und Be-Greifen“ im Sommersemester 2016. Erklärtes Ziel war die Förderung fachlich angepasster und langfristig nutzbarer Lehrkonzepte. In diesem Rahmen wurde im Sommersemester 2016 am Institut für Konstruktionstechnik das Projekt „Multimodale, hochverfügbare Lehrmedien für die Akustik“ umgesetzt. Im Fokus stand dabei die Bereitstellung hochverfügbarer und flexibel einsetzbarer Lehrmedien unter Anwendung der Lehrkonzepte *Multimodalität* und *Flipped-Classroom*.

### Multimodalität und Flipped-Classroom

Menschliche Sinne sind für den Lernenden die Informationskanäle. Information wird über diese Kanäle aufgenommen, beispielsweise wird während des Lesens ein Text visuell erfasst. Die pro Zeiteinheit über diese Kanäle jeweils aufnehmbare Informationsmenge ist naturgemäß begrenzt. Werden mehr Informationen pro Zeit bereit gestellt, entsteht ein Informationsverlust. Soll also die zu lehrende Informationsmenge erhöht werden, so muss zwangsläufig die Lerndauer entsprechend verlängert werden. Eine Alternative dazu beschreibt das Modalitätsprinzip [4]. Durch das parallele Ansprechen mehrerer Sinne wird die pro Sinn gültige Grenze der Informationsmenge umgangen. Beispielsweise kann ein Bild durch parallel auditiv rezipierte Beschreibung besser verarbeitet werden als das Bild alleine. Ein Aspekt des hier beschriebenen Ansatzes ist daher die Umsetzung multimodaler, also mehrere Sinne parallel ansprechender Lehrmedien [4].

Ein weiterer mit dem Projekt verfolgter Ansatz ist das Lehrkonzept des Flipped-Classroom. Lernende nehmen Information nicht jederzeit gleichermaßen effizient auf (Montag um 08:00 Uhr). Effizienter kann das Lernen gestaltet werden, wenn die Information gerade dann präsentiert wird, wenn der Lernende bereit dazu ist (bspw. Dienstag um 19:00 Uhr). Dies ist jedoch nicht notwendigerweise die Zeit der Präsenzveranstaltung. Flipped-Classroom ist daher die Verlagerung der Informationsvermittlung in die Selbstlernphase. Die frei werdende Präsenzphase kann dann zur Auf- und Nachbereitung der Lehrinhalte oder praktische, weiterführende Übung verwendet werden [5].

### Beschreibung des Lehrkonzepts

Das entwickelte Lehrkonzept spricht die menschlichen Sinne *Sehen*, *Fühlen* und *Hören* an. Abbildung 1 zeigt den grundsätzlichen Aufbau des Lehrkonzepts. Im Zentrum stehen die im vorherigen Abschnitt beschriebenen Aspekte Flipped-Classroom und Modalitätsprinzip. Zugeordnet zu den drei angesprochenen Sinnen sind die folgenden Einzelkomponenten, welche im Rahmen des Projektes entwickelt wurden und im Folgenden einzeln vorgestellt werden (von oben im Uhrzeigersinn):

- App: AgvA-Sounds
- Videoexperimente
- Interaktive Diagramme
- FEM-Lernmodul
- 3D-Schwingmodelle
- Versuchsrepertoire

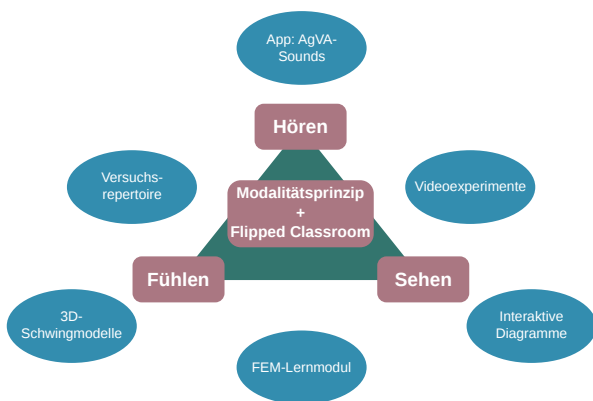


Abbildung 1: Aufbau des Lehrkonzepts

### App: AgVA-Sounds

Als wesentliche Komponente wurden im Rahmen des Projektes eine Reihe neuer Soundbeispiele zur Nutzung in der Lehre erstellt. Die Soundbeispiele umfassen dabei verschiedene Felder, wie beispielsweise psychoakustische Phänomene wie Rauigkeit und Schwebung oder die Erklärung akustischer Filter mittels Hörbeispielen.

### Videoexperimente

Als Kombination zwischen Hör- und Sehsinn wurden Lehrvideos gedreht. Diese zeigen eine Reihe grundlegender Versuche zur Akustik, wie beispielsweise stehende Wellen im Impedanzrohr oder Chladnische Klangfiguren. Dabei wurde ein einheitlicher Ablauf mit einer Einführung, einem Experiment und einer Diskussion der wesentlichen Phänomene beibehalten.

### Interaktive Diagramme

Häufig stellt es eine Schwierigkeit für Studierende dar, allein aus einer Gleichung die Einflüsse der Eingangsparameter auf die Ausgangsgröße anzugeben und diese beispielsweise in einem Diagramm darzustellen. Um diesem Problem zu begegnen wurden im Rahmen des Projektes Interaktive Diagramme entwickelt. Diese Diagramme zeichnen sich dadurch aus, dass die Eingangsparameter mittels Schieberegler (ähnlich einem digitalen Equalizer) manipuliert werden können. Wird beispielsweise die Funktion  $y = a \cdot x^2 + b$  in einem Diagramm dargestellt, wären die Parameter  $a$  und  $b$  mittels Schieberegler veränderlich und die Einflüsse werden durch Veränderung des Diagramms in Echtzeit dargestellt. Die umgesetzten Diagramme umfassen verschiedene Themen der Akustikvorlesungen des Instituts, beispielsweise analytische Gleichungen für Plattenschwingungen oder die Übertragungsfunktion des Einmassenschwingers.

### FEM-Lernmodul

Die Forschungsaktivitäten des Instituts liegen vor allem im Bereich der numerischen Akustik fester Körper. Im Bereich der Lehre ist daher die Vermittlung der Finite-Elemente-Methode ein wichtiges Feld. Um diese Vermittlung zu unterstützen wurden erste Vorarbeiten zum Aufbau eines umfassenden Lehrmoduls zur Integration in den verwendeten Präprozessor geleistet. Das Konzept besteht darin, dem Nutzer beispielsweise bei der Auswahl eines Elementtyps eine Beschreibung der mechanischen Grundlagen und Annahmen bereitzustellen.

### 3D-Schwingmodelle

Die Vermittlung der geometrischen Form dreidimensionaler Strukturen erfolgt bei der Abbildung in einem zweidimensionalen Bild zumeist unzureichend. Soll beispielsweise eine Eigenform einer Platte oder eines anderen schwingenden Körpers vermittelt werden, dann wäre eine dreidimensionale Darstellung mit Interaktionsmöglichkeiten wie rotieren, zoomen und verschieben, wie beispielsweise in einer Finite-Elemente-Software, ideal. Dies ist jedoch in einer Präsenzvorlesung im Hörsaal mit gegebenenfalls vielen Studierende schwer umsetzbar. Eine weitere Möglichkeit der Erfahrung besteht über den haptischen Eindruck, also das sprichwörtliche Begreifen. Um die Schwingform von Plattenstrukturen und eines vereinfachten Tragflügels erfahrbar zu machen, wurden im Rahmen des Projektes mittels Finite-Elemente-Methode berechnete Eigenformen auf einem 3D-Drucker ausgedruckt. Abbildung 2 zeigt ein Beispiel einer 2-2-Mode einer unseitig frei-gestützt gelagerten Platte.

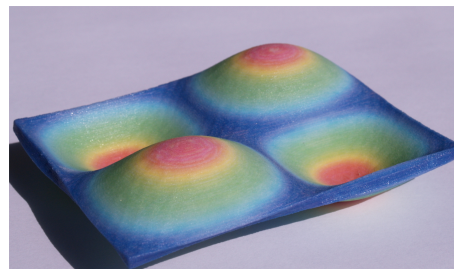


Abbildung 2: 2-2-Mode einer frei-gestützt gelagerten Platte

### Versuchsrepertoire

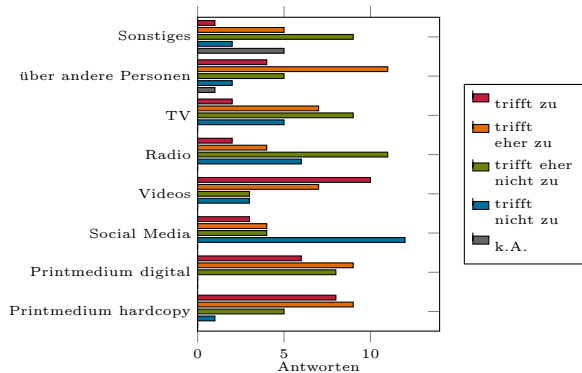
Um die Vorlesungen und Übungen zur Akustik am Institut um praktische Beispiele zu ergänzen, wurden im Rahmen des Projekts neue Versuche aufgebaut. Darunter sind sowohl Versuche zum Körper- als auch zum Luftschall verschiedener Komplexität. Beispielsweise wurde ein integriertes System zur Erzeugung Chladnischer Klangfiguren und eine leistungsfähiger Tiefton-Lautsprecher aufgebaut, der zur Erzeugung stehender Wellenfelder in Räumen genutzt werden kann. Die Versuchsaufbauten finden auch in den beschriebenen Lehrvideos Anwendung.

### Integration in eine Online-Lernplattform

Die bisher beschriebenen Module stehen jeweils für sich und sind vor allem in der Präsenzphase nutzbar. Ein Aspekt des Projekts war jedoch die Hochverfügbarkeit der Medien. Dazu wurde eine Lernplattform entwickelt, auf welcher ein Großteil der Medien nun online präsentiert wird. Hier sind Soundbeispiele, Lehrvideos, Interaktive Diagramme sowie die Schwingformen hinterlegt und ermöglichen es den Studierenden, die Medien auch in der Selbstlernphase zeit- und ortsunabhängig zu nutzen. Die Lernplattform ist unter der URL [acoustics.ik.ing.tu-bs.de](http://acoustics.ik.ing.tu-bs.de) [3] erreichbar.

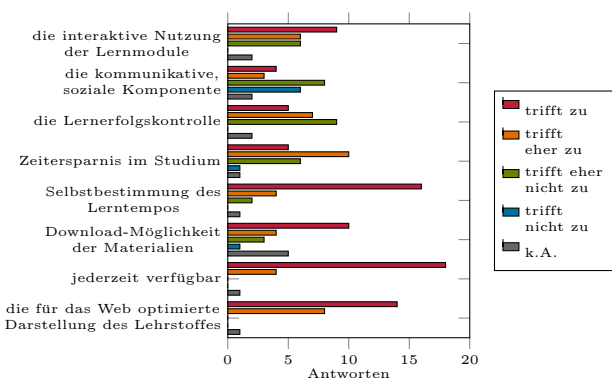
## Evaluation

Die umgesetzten Konzepte wurden mittels Fragebögen unter den an den Akustikvorlesungen teilnehmenden Studierenden evaluiert. Die Teilnehmer waren fast ausschließlich Studierende der Ingenieurwissenschaften. Hier werden zwei ausgewählte Ergebnisse diskutiert. Eine erste Frage zielte auf die Gewohnheiten der Studierenden zur Informationsgewinnung und -aufnahme ab. Das Umfrageergebnis zeigt Abbildung 3. Als häufigste Antworten (trifft zu, trifft eher zu) wurden *Videos* und *Andere Personen* genannt. Dies weist darauf hin, dass auf Lehrvideos basierende Lehrkonzepte Potential bieten um eine zukunftsfähige Lehre zu gestalten. Dennoch wurden neben diesen Elementen auch Printmedien (hardcopy / digital) hoch bewertet. Eine sich ausschließlich auf Videos und ähnliche Medientypen stützende Lehre wäre demnach zumindest für die befragten Studierenden nicht wünschenswert und sollte eher eine Ergänzung darstellen.



**Abbildung 3:** Ergebnisse zur Frage: „Wie konsumieren Sie Informationen bevorzugt?“

Eine weitere Frage zielte auf die Vorteile online-basierter Lehrmedien ab, die Ergebnisse zeigt Abbildung 4. Dabei wurden vor allem die Aspekte *jederzeit verfügbar* und *Selbstbestimmung des Lerntempos* positiv bewertet. Dies zeigt auf, dass auf einer zeit- und ortsunabhängigen Lehre basierende Konzepte wie das Flipped-Classroom-Konzept Potential bieten und den Studierenden entgegenkommen. Dieses Entgegenkommen könnte dann möglicherweise auch die Lernmotivation fördern und so den Lernerfolg steigern.



**Abbildung 4:** Ergebnisse zur Frage: „Welche Aspekte sehen Sie als Vorteile von Online-Lehrmedien?“

Als ein Kritikpunkt des Flipped-Classroom-Konzepts wird häufig genannt, dass Lehrende den Lernfortschritt der Lernenden nicht überwachen und gegebenenfalls überprüfen können. Daher wird für die Akustikvorlesungen am Institut aktuell keine vollständige Umsetzung eines Flipped-Classroom-Konzepts angestrebt. Es ist aber ein Ziel, positive Aspekte wie das Angebot von Lehrmedien für die Selbstlernphase in die Lehre zu integrieren. Dass dies von Studierenden gewünscht wird, ist ebenfalls ein Ergebnis der beschriebenen Evaluation. Danach begrüßen Studierende die Einflussnahme im Sinne einer Hilfestellung des Lehrenden in der Selbstlernphase. Die Ergebnisse dieser Evaluation sind aufgrund der Grundgesamtheit von 58 Studierenden mit einem heterogenen Wissensstand und fachlichen Hintergrund statistisch nicht repräsentativ. Dennoch kann das Meinungsbild helfen, Akustiklehre zukunftsfähig zu entwickeln.

## Zusammenfassung und Ausblick

In diesem Beitrag wird die Umsetzung „Hochverfügbarer, Multimodaler Lehrmedien für die Akustik“ beschrieben. Im Rahmen der Förderlinie *in medias res* der TU Braunschweig konnten in einem Projekt neue Lehrmedien zur Unterstützung der Akustiklehre mit einem besonderen Fokus auf eine zeit- und ortsunabhängige Verfügbarkeit sowie eine fachlich geeignete Aufbereitung umgesetzt werden. Dabei wurden diverse Einzelkomponenten wie Lehrvideos, 3D-Schwingformen und Interaktive Diagramme erstellt und diese sowohl in die Präsenzlehre integriert als auch online und dadurch zeit- und ortsunabhängig verfügbar gemacht.

Im kommenden Semester wird eine Bachelor-Lehrveranstaltung zum Akustik-gerechten Konstruieren aufgebaut. In dieser Lehrveranstaltung werden Theorie- und Praxisphasen kombiniert. Dabei werden zunächst kompakt akustische Grundbegriffe sowie konstruktions-spezifische Aspekte gelehrt. Im Folgenden haben die Studierenden die Möglichkeit, das gelernte Wissen in einer Praxisphase beim Aufbau einer möglichst lärmarmen Modellmaschine anzuwenden.

## Literatur

- [1] ars auditus, Homepage, URL: [http://web.fbe.uni-wuppertal.de/fbe0014/ars\\_auditus/](http://web.fbe.uni-wuppertal.de/fbe0014/ars_auditus/)
- [2] Langer et al.: Erfahrungen mit der interdisziplinären und standortübergreifenden Vorlesung „Einführung in die Technische Akustik“. Fortschritte der Akustik - DAGA 2015, (2015), 534 - 535
- [3] Lernplattform Akustik, TU Braunschweig, Homepage, URL: [acoustics.ik.ing.tu-bs.de](http://acoustics.ik.ing.tu-bs.de)
- [4] Mayer, R. E. und Moreno, R. Nine ways to reduce cognitive load in multimedia learning. Educational Psychologist, (2003), 38(1): 43 - 52
- [5] Stiller, K. D. Das Modalitätsprinzip im multimedialen Instruktionsdesign: Empirische Basis, theoretische Erklärungen und vernachlässigte Faktoren. (2011), unpublished.