

# Auralisierungen als Lehrhilfe: Akustik mit ihren eigenen Mitteln erklären

Sabine Schreiber, Oliver Kornadt

Lehrstuhl für Bauphysik, Bauhaus-Universität Weimar; Email: [sabine.schreiber@bauing.uni-weimar.de](mailto:sabine.schreiber@bauing.uni-weimar.de)

## Einleitung

Die Bauhaus-Universität Weimar wirkt in einem vom BMBF geförderten Hochschulverbundprojekt an der Entwicklung des „Multimediales Lernnetz Bauphysik“ [1] mit und erarbeitet schwerpunktmäßig Lehrinhalte zum Thema Schall. Im Mittelpunkt der Applikationen stehen Auralisierungsanwendungen, die die Schalldämmwirkung trennender Bauteile, Nachhallzeiten u. ä. hörbar erklären sollen.

Dieser Beitrag demonstriert anhand von Beispielen die Effektivität des Einsatzes von Auralisierungen in der Lehre und stellt den Stand der Entwicklung der Auralisierungen im Lernnetz-Projekt vor.

## Einsatz von Auralisierung in der Lehre

Auralisierung ist vereinfacht gesagt das Vermitteln von synthetischen Höreindrücken. Reale Klänge oder Geräusche werden einer imaginären „Situation“ ausgesetzt und anschließend als situationsbedingt veränderte Klangerlebnisse hörbar gemacht. Denkbare „Situationen“ sind beispielsweise das Einbringen von Hindernissen wie Raumtrennwände, die den Schall an einer direkten Ausbreitung zum Empfangsort hindern, und somit eine Dämmung repräsentieren oder eine fiktive Raumgestaltung, innerhalb derer der zu erwartende Raumklang erlebbar werden soll.

Es gibt inzwischen zahlreiche aufwändige Raumsimulationsprogramme, die unter Berücksichtigung nahezu aller raumakustischen Ausstattungsmerkmale mit mehr oder weniger gutem Erfolg realitätsnahe Ergebnisse liefern [2][3]. Ziel des Einsatzes von Auralisierungen in der Lehre kann und soll es nicht sein, derartig professionelle Anwendersoftware für Akustiker zur Verfügung zu stellen, geschweige denn diese für die Nutzung durch Studenten zu entwickeln. Für den vorgegebenen Einsatzbereich ist eine Vermittlung qualitativer Merkmale durchaus ausreichend. Auch hinsichtlich der Schalldämmung geht es vorrangig darum, Qualität und Unterschiede von Schalldämmverhalten verschiedener Bauteile richtig zu bewerten, nicht darum, mit Hilfe des Lernnetzes ein Schallschutzgutachten erstellen zu können.

Neben den genannten Einsatzschwerpunkten werden im Lernnetz auch Grundlagen hörbar vermittelt: Hörbereich, Pegel- und Lautstärkenverhältnisse, Schwingungsphänomene etc.

Für ein möglichst gutes, von Umgebungsbedingungen unbeeinträchtigt Hörerlebnis wird die Nutzung von Kopfhörern zugrunde gelegt und dementsprechend empfohlen.

## Auralisierung in der Bauakustik: Schalldämmwirkungen hörbar machen

Eines der besonders effizienten Einsatzgebiete für Auralisierungen ist wie oben bereits erwähnt das Hörbarmachen von Schalldämmwirkungen. Nicht nur Studenten fehlt es an Vorstellungsvermögen, was ein zahlenmäßig bekanntes Schalldämm-Maß effektiv, d. h. für die Ohren, bedeutet. Deshalb sollen in einem ersten statischen Schritt verschiedene fest vorgegebene Trennbauteile präsentiert werden, deren Dämmwirkung interaktiv getestet bzw. akustisch erfahren werden kann. Später kann dann in einem weiteren Schritt mit beliebigen Wandaufbauten experimentiert werden.

## Gehörschulung anhand von vorgegebenen Beispielen

Hier steht zunächst eine Auswahlliste an Trennbauteilen zur Verfügung, aus denen der Lernnetz-Nutzer einen Eintrag wählen kann. Zu den auswählbaren Bauteilen werden sowohl das bewertete Schalldämm-Maß als auch die jeweiligen Informationen zu Material und Querschnittsbau angezeigt. Nach Auswahl des Trennbauteils kann der Anwender verschiedene „Original“-Signale im Senderraum anhören und das zugehörige, durch das Trennbauteil gedämmte „Ergebnis“-Signal im Empfangsraum dagegenstellen. Auch hier geht es zunächst allein um die qualitative Auralisierung von Schalldämmung, d. h. die pure Dämmwirkung des Trennbauteils selbst. Flankenübertragungen und die raumakustische Ausstattung der fiktiven Räume bleiben - mit entsprechenden Hinweisen darauf - unberücksichtigt.

Durch Auralisierung eröffnet sich somit die Möglichkeit, Höreindrücke des Schalldämmvermögens von Bauteilen mit unterschiedlich großen bewerteten Schalldämm-Maßen zu vermitteln. Darüber hinaus wird aber auch die Frequenzabhängigkeit gleich großer Einzahl-Dämm-Maße verschiedener Konstruktionen nachvollziehbar, indem der „Hörer“ bei gleichem Schallquellen-Spektrum ganz unterschiedliche Klangergebnisse im Empfangsraum erfährt. Diese Abhängigkeit wird durch die Darstellung der Frequenzspektren der bewerteten Schalldämm-Maße auch visuell erläutert.

## Verwendete Daten und ihre Verarbeitung

Die Aufbauten der zur Auswahl stehenden Trennbauteile sowie die zugehörigen Frequenzspektren der Schalldämm-Maße wurden von verschiedenen Bauteilherstellern zur Verfügung gestellt. Für die Original-Signale wurden verschiedene Klänge und Geräusche als Wave-Files erzeugt. Mit Hilfe des Programmsystems MATLAB (TheMathWorks) entwickelten wir den Schalldämm-Maßen entsprechende Filter, die aufgesetzt auf das Original-Signal die „gedämmten“ Frequenzanteile wegfiltern und somit das daraus resultierende Ergebnis-Signal liefern (s. Abbildung 1).

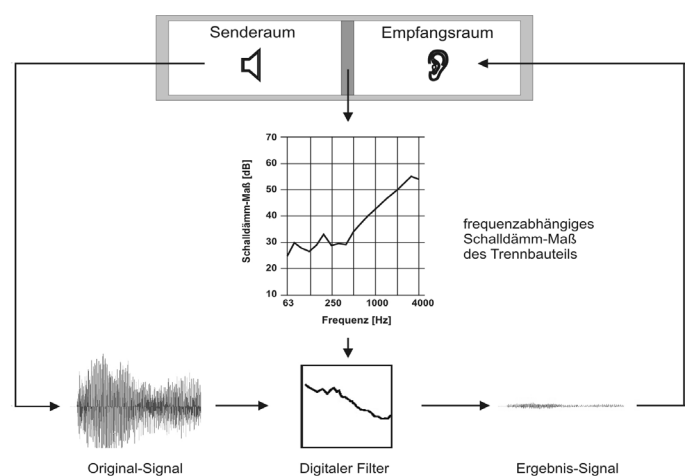


Abbildung 1: Erzeugung des gedämmten Schallsignals im Empfangsraum

Die Ergebnis-Signale für alle möglichen Kombinationen aus verfügbaren Trennteilen und Original-Signalen wurden dann ihrerseits als Wave-Files erstellt und sind je nach Nutzerinteraktion abrufbar. Nicht nur programminterne Kontrollen sondern auch eine Überprüfung durch Aufnahme und Analyse mittels eines hochwertigen Schallanalysators bestätigten die Korrektheit der Filterfunktion.

### **Gehörschulung durch freies Experimentieren**

In diesem zweiten Schritt erhält der Lernnetz-Nutzer die Möglichkeit, den Trennwandaufbau frei zu wählen. Er kann aus einer umfangreichen Datenbank Materialien in beliebigen Dicken zu unterschiedlichsten Trennteilen zusammenfügen. Einer der Verbundprojekt-Partner, die Universität Stuttgart, entwickelt ein Berechnungsmodul, mit dem das bewertete Schalldämm-Maß mitsamt zugehörigem Schalldämmverlauf ermittelt werden kann [4]. Die Auralisierung erfolgt dann gleichermaßen flexibel, indem die frequenzabhängigen Schalldämm-Maße übergeben werden und mit einer entsprechend angepassten Filterfunktion das Ergebnis-Signal berechnet wird. Der Anwender kann dann mit einzelnen Materialien und / oder Schichtdicken experimentieren, um sein Gefühl für die Wirksamkeit verschiedener Wandaufbauten zu entwickeln.

An dieser Stelle darf ein spezieller Vorteil des Lernnetz-Konzeptes nicht unerwähnt bleiben: um die schwer darstellbaren Abhängigkeiten der unterschiedlichen bauphysikalischen Aspekte aussagekräftig zu vermitteln, bietet das Lernnetz durch seine vernetzte Struktur die Möglichkeit, für die o. g. frei zusammengefügte Wandaufbauten nicht nur deren Schalldämmwirkung sondern ebenso deren Wärmedämmvermögen anzugeben. So kann zeitgleich der Blick für die Wechselwirkung zwischen Schall- und Wärmedämmung geschärft werden.

### **Auralisierung in der Raumakustik**

Während es bei der Schalldämmung um die Schallausbreitung von einem in einen anderen Raum geht, interessiert bei dem Themenkomplex Schalldämpfung, Absorption und Raumklang die Schallausbreitung innerhalb eines Raumes. Auch hier kann das Gefühl für die Abhängigkeit zwischen Materialwahl und -anordnung und dem daraus resultierenden Klangerlebnis idealerweise mit akustischen Mitteln geschult werden.

Es wurde ein Anwendungsmodul entwickelt, das für verschiedene Raumgeometrien und Oberflächenmaterialien die Nachhallzeit ermittelt und im Vergleich zur optimalen Nachhallzeit frequenzabhängig in einem Diagramm darstellt.

### **Absorption und Nachhall**

Der Lernnetz-Nutzer gibt dazu in einem beim Projekt-Partner Universität Karlsruhe entstandenen Geometrie-Eingabemodul nach Belieben Grundriss und Raumhöhe ein und ordnet den einzelnen raumumschließenden Flächen Oberflächenmaterialien zu. Diese Materialien sind aus einer umfangreichen Datenbank [5] auszuwählen, die zu jedem Eintrag zahlreiche Detailinformationen wie auch übersichtliche Darstellungen der frequenzabhängigen Absorptionsgrade bereithält. Angaben über das Vorhandensein und die Art von Bestuhlung, zur Besetzung mit Personen sowie zur Vortragsart (Sprache, Musik,...) können ebenfalls vom Anwender variiert werden und fließen in die Ermittlung der Nachhallzeit ein. Je nach Ausstattungssituation erfolgt die Berechnung in Abhängigkeit vom mittleren Schallabsorptionsgrad nach Sabine oder Eyring. Das Ergebnis soll abschließend im Direkt-Vergleich zu einem hallfreien

Freifeld-Schallsignal hörbar sein. Die Auswirkung von Veränderungen der Geometrie oder Materialwahl ist unmittelbar ersichtlich und hörbar und erklärt den Einfluss der Absorption auf den Raumklang in sehr anschaulicher Weise.

### **Echoeffekte**

Um neben dem in der statistischen Raumakustik wichtigen Qualitätsmerkmal „Nachhallzeit“ auch standortabhängige raumakustische Phänomene wie Echoeffekte zu erklären, werden in einem anderen Modul signifikante Schallwege vom Sender zum Empfänger dargestellt und der raumakustische Effekt qualitativ aural vermittelt. Dazu können in vorgegebenen Raumbespielen Empfängerstandorte ausgewählt werden und hinsichtlich ihres Qualitätsmerkmals „Deutlichkeit“ beim Empfang von Signalen getestet und analysiert werden. Darüber hinaus besteht die Möglichkeit, in verschiedenen Raumbereichen Schallabsorber zu platzieren bzw. Diffusoren anzubringen, um somit dem Anwender Lösungsmöglichkeiten aufzuzeigen und ihm die Gelegenheit zu geben, quasi-experimentell die gegebene raumakustische Situation zu optimieren.

### **Zusammenfassung**

Multimediale Techniken bieten für die Lehre im Bereich der Bauphysik ein neues, effizientes Instrumentarium zur Vermittlung der Abhängigkeiten zwischen den einzelnen Teildisziplinen wie beispielsweise Wärmeschutz und Schallschutz. Speziell für den Themenkomplex der Bau- und Raumakustik eröffnet die Nutzung von Schallsignalen zur Erläuterung von Schalldämm-Maßen oder raumakustischen Effekten ideale Lehrmöglichkeiten, da Klang im eigentlichen Sinne nicht erklärt sondern nur erlebt werden kann. Die so genannten Auralisierungen bieten dem Anwender die Chance, die Auswirkungen verschiedener Konstruktionen direkt zu bewerten, mit unterschiedlichen Lösungsmöglichkeiten zu experimentieren und die Resultate zu vergleichen. Auralisierungen helfen, schalltechnische Lehrinhalte mit den Mitteln der Akustik selbst besser begreifbar zu machen. Auralisierungen gehören somit zu den multimedialen Techniken, die eine Erweiterung der bisherigen Darstellungsformen ermöglichen und somit eine Chance zur Bereicherung der Lehrmethoden bieten[6].

Die Entwicklung des „Multimediales Lernnetz Bauphysik“ wird im Rahmen des Forschungsprojektes „Neue Medien in der Bildung“ vom Bundesministerium für Bildung und Forschung gefördert.

Zum **Abschlusskongress am 28. November 2003** inkl. Lernnetz-Nutzung an der Universität Karlsruhe, Fakultät Architektur, Fachgebiet Bauphysik & Technischer Ausbau, sind alle Interessierten herzlich eingeladen.

<sup>1</sup> <http://www.lernnetz-bauphysik.de>

<sup>2</sup> Bork, I. Raumsimulationsprogramme in der Praxis – DAGA 2000

<sup>3</sup> Bork, I. A Comparison of Room Simulation Software – The 2nd Round Robin on Room Acoustical Computer Simulation – Acoustica, Vol 86(2000) S. 943-956

<sup>4</sup> Röseler, H. Webbasiertes Lernprogramm SchaDä – DAGA 2003

<sup>5</sup> Physikalisch Technische Bundesanstalt:  $\alpha$ -Datenbank, <http://www.ptb.de/de/org/1/14/1401/datenbank.htm>

<sup>6</sup> Schulmeister, R. Virtuelle Universität, Virtuelles Lernen – Oldenbourg-Verlag München, 2001