

Ein neues Raumakustik-Meßwerkzeug für die Architekten-Ausbildung

Detlef Hennings¹, Karsten Voss²

¹ freiberuflicher Wissenschaftler und Dozent, eclim.de, Köln, E-Mail: d.hennings@eclim.de

² Bergische Universität Wuppertal, FB Architektur, btga, E-Mail: kvoss@uni-wuppertal.de

Einleitung

Der Zeitaufwand für das Thema Raumakustik in der Architekturausbildung ist knapp. Um dennoch ein vertieftes Verständnis zu erreichen, sollen die Studenten nach einer Einführung selber raumakustische Analysen anfertigen. Diesem Zweck dient eine neue Software, die die Studenten-Notebookcomputer zusammen mit einem einfachen Mikrofon in Meßwerkzeuge für Raumakustik verwandelt.

Entwicklungsziele

Der didaktische Ansatz

Die Studenten erhalten zunächst eine Einführung in Grundlagen der Akustik und der Raumakustik, in der auch mit Experimenten Zusammenhänge zwischen Physik und Sinneswahrnehmung verdeutlicht werden. Anschließend werden in kleinen angeleiteten Gruppen vorhandene Räume sowohl nach vorgegebenen Kriterien angehört, meßtechnisch analysiert und nach raumakustischer Qualität bewertet.

Ziele der Software-Entwicklung

Die neue Software soll als Meßwerkzeug für die Studenten geeignet sein, deren eigene Computer zusammen mit einem kostengünstigen Mikrofon eingesetzt werden. Da keine Erfahrung mit akustischen Messungen vorausgesetzt werden kann, soll die Software einfach handhabbar sein und durch den Meßprozeß führen. Die Meßgenauigkeit soll ausreichend sein um die akustische Qualität von Räumen für Kommunikation und Unterricht einzuschätzen.

Die Software-Implementierung

Nutzer-Modi und Entwicklungsphasen

Mit einem 'Einsteiger-Modus' und einem 'Fortgeschrittenen-Modus' kann die Software auf einfachere Weise mit reduziertem Basis-Funktionsumfang oder mit vollem Funktionsumfang genutzt werden. Analog zu den Nutzer-Modi wird die Software in zwei Phasen entwickelt und getestet.

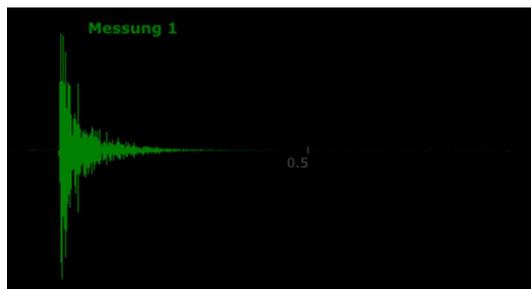


Abbildung 1: Eine mittels kräftigem Händeklatschen erzeugte Raum-Impulsantwort (Bildschirm-Ausschnitt).

Basis-Eigenschaften

Impulsanregung ist eine Voraussetzung für 'low cost' Messungen mit geringem technischen Aufwand. Tests haben ergeben, daß bis etwa 200 m³ (großer Klassenraum) ein kräftiges Händeklatschen als Meßsignal nutzbar ist, vorausgesetzt der Störgeräuschpegel ist niedrig. Größere Räume erfordern entsprechend lautere Schallquellen.

Aus gemessenen Raumimpulsantworten werden analog ISO 3382 Nachhallzeiten für die Standard-Oktavbänder von 125 Hz bis 4 kHz abgeleitet (Abb. 2).

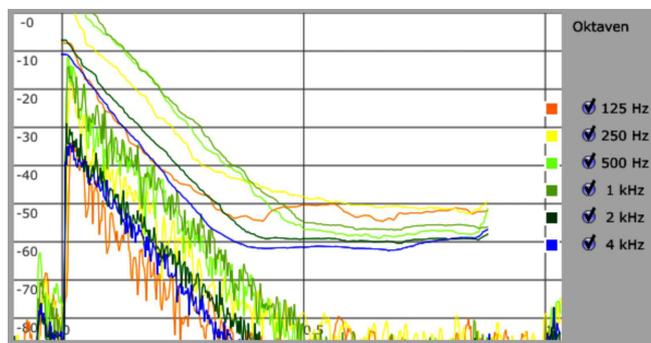


Abbildung 1: Oktavband-Echogramme und Rückwärts-Integrale, aus einer mit Händeklatschen erzeugten Raum-Impulsantwort (Bildschirm-Ausschnitt).

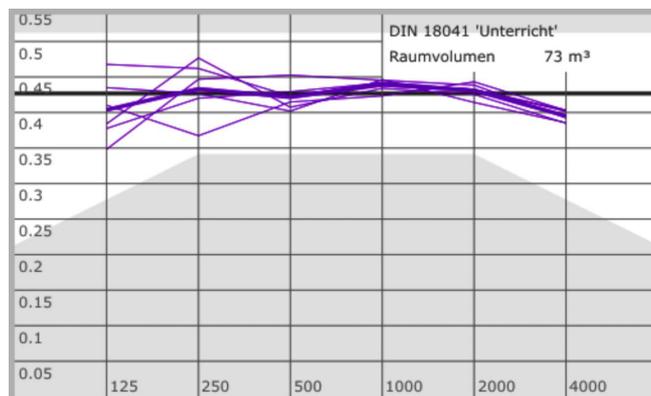


Abbildung 3: Oktavband-Nachhallzeiten aus sechs Einzelmessungen, die Mittelwerte sowie zum Vergleich die DIN-Empfehlung für einen kleinen Unterrichtsraum im Hintergrund (Bildschirm-Ausschnitt).

Die Nachhallzeiten als statistische Raumeigenschaft wird durch Mittelung mehrerer Messungen mit verschiedenen Positionen von Schallquelle und Mikrofon ermittelt. Einzelmessungen, die sich als fehlerhaft oder als Ausreißer herausstellen, können ausgeschlossen werden. Als Qualitäts-Kriterium dienen die Empfehlungen der DIN 18041 (Abb. 3). Neben der grafischen Bildschirmdarstellung ist auch die numerische Ausgabe in eine Datei möglich.

Erweiterte Meß-Eigenschaften

Alternativ zu Impulsen können über Lautsprecher abgestrahlte **Sinus-Sweeps** als Meßsignal für reproduzierbare Messungen mit höherem Signal-Stör-Abstand genutzt werden. Auf unterschiedliche Weise bestimmte Nachhallzeiten, **T₃₀**, **T₂₀**, **EDT**, können ausgewählt und verglichen werden. Maße für Klarheit bzw. das Verhältnis früher zu später Energie in der Impulsantwort, **T_s**, **C80**, **C50/D50**, können bestimmt und dargestellt werden werden.

Umrechnung des Besetzungsgrades

Die meist mit nur wenigen Personen im Raum gemessenen Nachhallzeiten können mittels Personen-Absorptionsdaten auf voll oder teilweise besetzten Raum umgerechnet werden, so daß die Werte der vorwiegenden Nutzung entsprechen.

Berechnung raumakustischer Maßnahmen

Mit Hilfe einer integrierten und von den Nutzern erweiterbaren **Absorber-Datenbank** kann die Wirkung zusätzlicher Absorber im Raum zur raumakustischen Verbesserung berechnet werden. Eine **'Design-Funktion'** erlaubt dabei die Fläche der Absorber kontinuierlich zu verändern, wobei die Wirkung sofort grafisch angezeigt wird.

Tests und praktische Erprobung

Technische Tests

Elementare Funktionstests erfolgen parallel zur Entwicklung. Drei Aspekte werden zusätzlich in besonderen Testabschnitten untersucht:

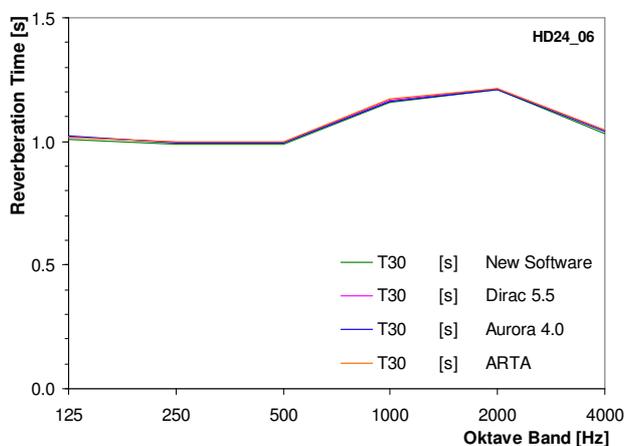


Abbildung 4: Ein Beispiel aus dem Algorithmen-Vergleich der neuen Software mit drei etablierten Software-Meßsystemen. Beim Auswerten derselben Raumimpulsantworten mit allen vier Programmen ergaben sich meist Abweichungen im Bereich von 0.01 s bis 0.05 s, in wenigen Einzelfällen bis maximal 0.1 s. Beteiligt waren die Software-Pakete 'DIRAC' [1], 'AURORA' [3] und 'ARTA' [5].

Im **Algorithmen-Vergleich** werden Raum-Impulsantworten verschiedener Räume parallel von der neuen Software und von etablierten Referenzen ausgewertet. Die Ergebnisse aller beteiligten und algorithmisch auf ISO 3382 [4] beruhenden Programme unterscheiden sich nur geringfügig (Abb. 4).

Der **Vergleich zwischen Anregungs-Methoden** soll insbesondere zeigen, welche Streuung der Meßergebnisse bei

nicht genau reproduzierbarer Impuls-Anregung (beispielsweise mit Händeklatschen) im Vergleich zu reproduzierbarer Anregung mit einem Sinus-Sweep erwartet werden kann. Ergebnisse zu diesem Vergleich liegen noch nicht vor.

In **Hardware-Kompatibilitäts-Tests** haben sich einige kritische Punkte herausgestellt, beispielsweise nichtlineare Signalverarbeitung in manchen Notebook-Computern, Hochpaßfilter im Signalweg oder unzureichende Abschirmung einiger Mikrofone und Mikrofon-Interfaces.

Didaktische Tests

In den didaktischen Tests wird die Software in die laufende Lehre eingebunden um die Anwendbarkeit zu prüfen und um etwaigen Verbesserungs-Bedarf zu erkennen. In der ersten von zwei didaktischen Testphasen zeigte sich, daß die Architektur-Studenten nach einer kurzen Einführung in die Funktionsweise teils eigenständig, teils mit geringfügiger Unterstützung mit der Software arbeiten konnten.

Verfügbarkeit der neuen Software

Die Software wird ab dem Wintersemester 2014/15 für alle Lernenden und Lehrenden kostenfrei für nicht-kommerzielle Nutzung bereitgestellt. Die Verteilung soll über das 'Lernnetz Bauphysik' (www.lernnetz-bauphysik.de) erfolgen, und daneben für andere Verbreitungs-Kanäle offen sein.

Zukünftige Weiterentwicklung

Die aktuelle Software-Version ist nur unter dem Betriebssystem MS Windows lauffähig und mit deutschsprachiger Oberfläche ausgestattet. In einem Folgeprojekt soll die Software auf weitere Betriebssysteme für Notebook- und Tablet-Computer portiert werden und mit austauschbarer Sprache der Benutzer-Oberfläche versehen werden. Darüber hinaus sind funktionale Verbesserungen und Erweiterungen geplant.

Dank

Das Projekt wird vom Bundesbauministerium im Rahmen der 'Forschungsinitiative Zukunft Bau' unter AZ II-F20-11-1-037 / SWD-10.08.18.7-12.23 gefördert und wird von den Industriepartnern: Akustik & Raum, Caparol, Lignotrend und OWAconsult unterstützt. Den externen Beratern des Projekts sei hier ebenfalls für ihr Mitwirken gedankt.

Literatur

- [1] Acoustic Engineering: DIRAC, Raumakustik-Meßsoftware. Vertrieb: Brüel & Kjær, Nærum, Dänemark.
- [2] DIN 18041 (2004-05): 'Hörsamkeit in kleinen und mittelgroßen Räumen'.
- [3] Farina: A.: AURORA, Raumakustik-Meßsoftware., URL: <http://www.aurora-plugins.com>.
- [4] ISO 3382: 'Acoustics - Measurement of the reverberation time of rooms with reference to other acoustical parameters'.
- [5] Mateljan, I.: ARTA, Raumakustik-Meßsoftware. ARTALABS, URL: <http://www.artalabs.hr>.