

Kann man in Klassenräumen mit Kunstköpfen messen?

Michael Vorländer, Janina Fels, Dirk Schröder, Tobias Lentz

RWTH Aachen, Institut für Technische Akustik, 52066 Aachen, Deutschland, Email: mvo@akustik.rwth-aachen.de

Einleitung

Auf dem Gebiet der Raumakustik in Klassenräumen sind einschlägige Normen und Empfehlungen zur akustischen Gestaltung seit langem verfügbar. Umso erstaunlicher ist die Tatsache, dass zahlreiche Schulen über schlechte akustische Bedingungen klagen müssen, nämlich wenn elementare Belange einer guten Klassenraumakustik schlicht unberücksichtigt bleiben. Dies führt typischerweise zu halligen und lauten Klassenräumen und in der Folge zu schlechten Lernerfolgen und zu Stimmstörungen beim Lehrpersonal bis hin zum krankheitsbedingten Ausfall.

Über den normativen Stand der Erkenntnisse sind zur Bewertung der akustischen Qualität von Klassenräumen mehrere Ansätze, die über die Angabe der Nachhallzeit und des Störpegels hinausgehen, im Gespräch. Bei dieser Art der Diskussion der akustischen Planung und Verbesserung von Klassenräumen müssen die Wahl der Lehrsituation und die Art der Kommunikation (Frontalunterricht oder Kleingruppenarbeit) berücksichtigt werden. Aus akustischer Sicht ist dabei die Sprachwahrnehmung und -lokalisierung unter Störschall und Nachhall relevant, und zwar unter verschiedenen Bedingungen der räumlichen Konfigurationen von Sprecher und Störquellen. Sofern raumakustische Messungen in Klassenräumen über Nachhallzeiten und Störpegel hinausgehen sollen, sind daher binaurale Messungen eine sinnvolle Ergänzung.

Es werden experimentelle und numerische Untersuchungen zum Einfluss spezifischer HRTF von Schulkindern und Erwachsenen vorgestellt. Ziel dieser Studie ist die Klärung der Frage, ob die heute verfügbaren (erwachsenen) Standard-Kunstköpfe für Untersuchungen in Klassenräumen verwendbar sind.

Binaurales Sprachverstehen

Die Tatsache, dass das binaurale Hören bei ungünstigen akustischen Bedingungen eine besondere Leistung vollbringt, um Nutzsprecher von Hall und Störlärm zu trennen, ist wohl bekannt. Für die Raumakustik genauso wie für die Hörgeräteversorgung sind binaurale Messgrößen entwickelt worden und kommen im Zusammenhang mit Untersuchungen in der Praxis nach und nach zum Einsatz. Dazu gehört insbesondere auch die Größe STI.

Maße wie STI wurden zunächst monaural definiert und eingeführt. Die Erweiterung auf binaurale Eingangsgrößen steht noch aus. Bisher wird empfohlen, die beiden Ohrsignale separat zu analysieren und den größeren STI-Wert als Ergebnis zu verwenden. Ob diese Methode richtige Ergebnisse liefert, kann nur spekuliert werden. Da der STI eine zwar erfolgreiche, aber recht grobe Vereinfachung und

Zusammenfassung der subjektiven Sprachverständlichkeit darstellt, ist diese Art der binauralen Summation immerhin nicht unvernünftig.

Eine andere Dimension der raumakustischen Wahrnehmung ist die Quelllokalisierung und deren Unschärfe. Dies kann, zumindest teilweise, durch den IACC (Interaural Cross-Correlation Coefficient), erfasst werden.

Mit Hilfe von Messungen und Simulationen in Klassenräumen werden nun die genannten binauralen Messgrößen verglichen, wenn hörerseitig Standard-Kunstköpfe oder spezielle Kinderkunstköpfe zum Einsatz kommen. Die entsprechenden Außenohr-Übertragungsfunktionen (HRTF) werden im nächsten Abschnitt vorgestellt.

Standard- und Kinder-HRTF

Bei der Verwendung kommerzieller Kunstköpfe ist eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse durch die Norm IEC 959 [1] gegeben. Ferner gibt es Datensätze als Eingangsdaten für raumakustische Simulationen, die aus Standard-Köpfen basieren (z.B. KEMAR).

Darüber hinaus wurden am Institut für Technische Akustik Kinderkunstköpfe entwickelt, die verschiedene Altersgruppen, insbesondere Grundschulkindern repräsentieren [2 - 4]. Ein Beispiel zeigt Abb. 1.



Abbildung 1: Kunstkopf, Modell „Pinocchio“ (6 Jahre).

Die HRTF von Grundschulkindern, hier am Beispiel eines sechsjährigen Kindes, weichen in folgenden Details von denen Erwachsener ab:

- Geringere Interaurale Zeitdifferenz (ITD),
- Deutliche Verschiebung des Minimums im Betrag der HRTF verursacht durch die Schulterreflexion,

- Deutliche Unterschiede im interauralen Pegelunterschied (ILD)

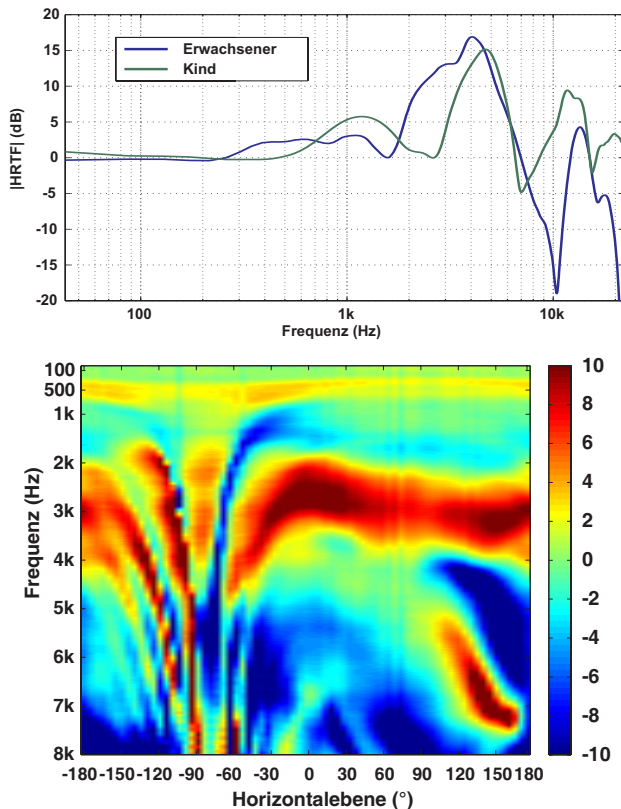


Abbildung 2: Oben: mittlere HRTF eines Sechsjährigen und eines Erwachsenen sowie unten: Differenzen (Erw.-Kind) (siehe auch [3, 4]).

Simulationen und Messungen

Um die Frage der Einsetzbarkeit von Standard-Kunstköpfen in Klassenräumen für jüngere Kinder zu klären, wurden mit HRTF-Datensätzen und Kunstköpfen raumakustische Simulationen eines Klassenraumes sowie Messungen durchgeführt. Das Simulationsprogramm entspricht dem neuesten Stand der Forschung und besteht aus einer Kombination der Spiegelschallquellentechnik und stochastischem Ray-Tracing [5].

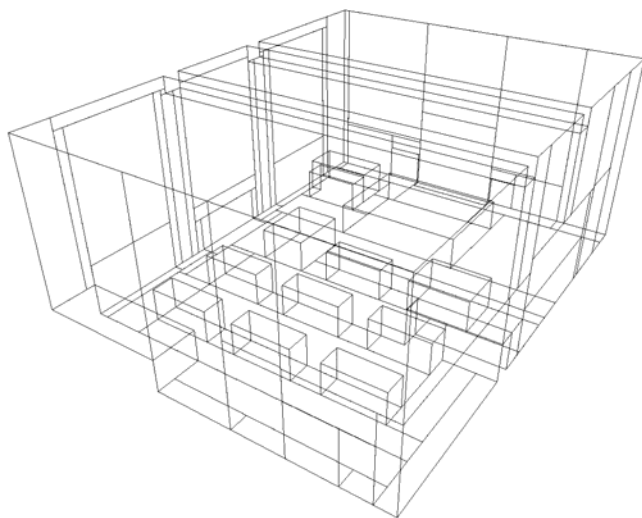


Abbildung 3: Klassenraum-Modell für die Simulation.

Die Messungen wurden mit einem künstlichen Sprecher an zwei Positionen durchgeführt, sowie mit drei Kunstköpfen und zwei Mikrofonen an fünf Positionen.

Die Ergebnisse der gefilterten binauralen Impulsantworten (Abb. 4) zeigen deutliche Unterschiede in der Feinstruktur. Auswertungen verschiedener raumakustischer Parameter sowie von Sprachverständlichkeitsmaßen sind Gegenstand laufender Untersuchungen.

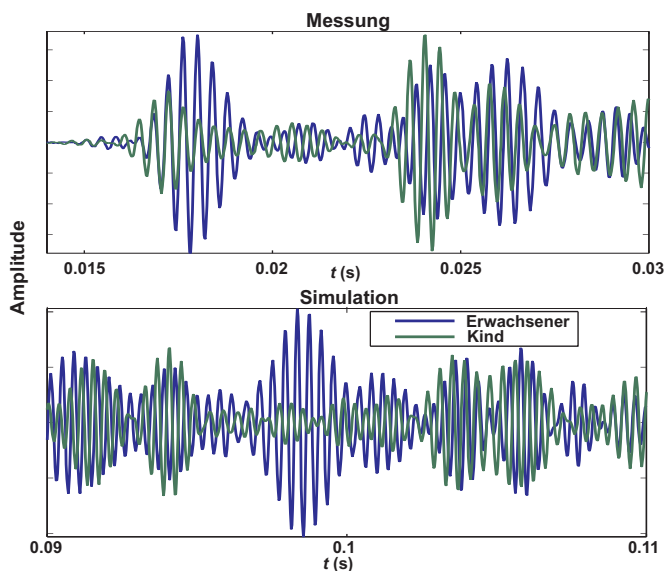


Abbildung 4: Beispiele von Ausschnitten aus binauralen Impulsantworten (2,5 kHz Terz, rechtes Ohr). Oben: Messergebnisse, unten Simulationsergebnisse.

Diskussion und Schlussfolgerungen

Die vorläufigen Studien weisen darauf hin, dass spezielle Kinderkunstköpfe andere Raumimpulsantworten liefern als Standard-Kunstköpfe. In wie weit und in welchen Aspekten diese Unterschiede hörrelevant sind, kann zum gegenwärtigen Zeitpunkt nicht abschließend beantwortet werden. Untersuchungen in Italien [6] deuten jedenfalls auf signifikant andere Maße der Lokalisationsleistung (IACC) und der Sprachverständlichkeit (STI) hin, letzteres besonders ausgeprägt bei ungünstigem S/N.

Literatur

- [1] IEC 60959, *Provisional head and torso simulator for acoustic measurements on air conduction hearing aids* (will become IEC 60318-7), IEC 60959 TR, May 1990.
- [2] J. Fels et al., *Head-related transfer functions of children*, Acta Acustica united with Acustica **90** (2004), 918–927.
- [3] J. Fels, *Wachstumsabhängigkeit der HRTF: Parameterstudien von Kopfgeometrien*, Fortschritte der Akustik - DAGA, **2005**.
- [4] J. Fels, *Untersuchungen zum Einfluss des Wachstums der Pinna auf die HRTF*, Fortschritte der Akustik - DAGA **2006, 2006**.
- [5] Schröder, D. et al., *A Fast Reverberation Estimator for Virtual Environments*. AES conference Saariselkä, Finnland 2007.
- [6] Prodi, N. et al., *Investigating Classroom Acoustics by means of Advanced Reproduction Techniques*. 122 AES convention Vienna 2007.