

# Unzureichende Akustik eines Schulneubaus – schwierige Sanierung

Wolfgang Teuber<sup>1</sup> Ernst-Joachim Völker<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Institut für Akustik und Bauphysik, Germany, info@iab-oberursel.de,  
V00534

## Einleitung

Raumakustische Randbedingungen in Schulen, insbesondere in Unterrichtsräumen, sind lange Zeit stark vernachlässigt worden. Zahlreiche Klassenzimmer waren bestenfalls mit wenigen, dünnen Platten an der Decke als Teilfläche ausgerüstet. Beeinträchtigen der Sprachverständlichkeit, fehlende Aufmerksamkeit, hoher Geräuschpegel im Klassenraum und Benachteiligung von Kindern mit Hörbehinderung oder fremder Muttersprache waren die Folge. Inzwischen bestehen höhere Sensibilitäten seitens der Lehrer, Eltern und Schüler. Unzureichende raumakustische Verhältnisse in einer neu errichteten Schule zogen unmittelbar nach Fertigstellung Proteste und Ablehnung des Klassenraums nach sich. Im Nachhinein sind raumakustische Untersuchungen durchgeführt worden mit dem Ziel, akustisch geeignete und für nachträgliche Montage verwendbare Materialien auszuwählen. Reaktionen der Lehrer und Elternschaft verdeutlichen die Brisanz des Themas und den Stellenwert raumakustischer Qualitäten eines Klassenzimmers. Messergebnisse der Bestandssituation, Erprobungen und ersten Maßnahmen sind nachfolgend aufgezeigt, wobei zwar eine deutliche Verbesserung der raumakustischen Situation eintrat, das angestrebte Ziel zunächst nicht erreicht wurde; weitere Ergänzungen sind einzuplanen.

## Vorgaben, Festlegungen

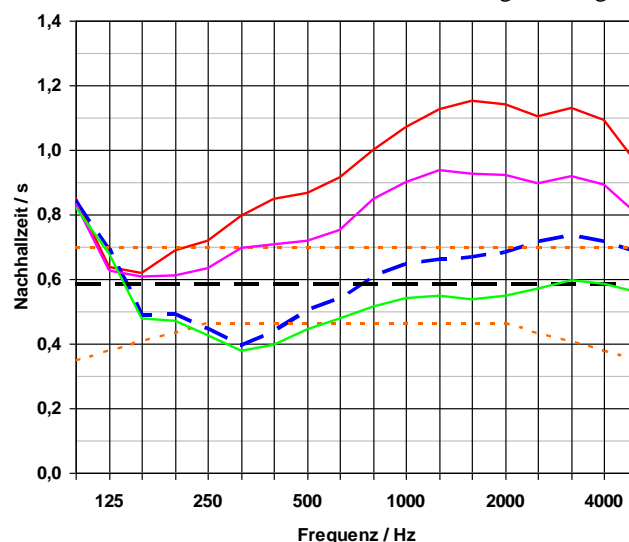
Neuplanungen oder Sanierungen müssen vom heutigen Stand der Technik ausgehen. Höchstzulässige Nachhallzeiten sind unter anderem für Unterrichtsräume in DIN 18041:2004 [1] vorgegeben. Vereinbarungen zwischen Bauherrn (z. B. Kreisbauamt), Architekt und ausführendem Unternehmer können und sollten weitaus schärfere Anforderungen der Nachhallzeit sowie ergänzende Auflagen zur Vermeidung von Mehrfachreflexionen enthalten. Teilweise sind in Ausschreibungen noch Verweise auf überholte Regelwerke zu finden, kritische Betrachtungen und Vergleiche mit Mindestanforderungen nach DIN 18041:2004 sind unumgänglich. Nachfolgende Beispiele beziehen sich auf einen Raum der Größe  $V = 200 \text{ m}^3$ .

- \* DIN 18041:2004 [1], Unterricht:  $T_m = 0,57 \text{ s}$
- \* DIN 18041:2004, verschärfte Anforderung: Kinder mit Hörbehinderungen, Fremdsprachenunterricht (-20%)  
 $T_m = 0,46 \text{ s}$
- \* IEMB:2001: [2] Unterricht:  $T_m = 0,5 \text{ s}$
- \* ANSI S12.60:2002 [3]  $T_m = 0,6 \text{ s}$
- \* frühere Vorgaben eines Landkreises  $T_m = 0,8 - 1,1 \text{ s}$
- \* heutige Anforderung Landkreis für Schulneubauten:  
 $T_m = 0,45 \text{ s}$

Vorgaben/Berechnungen der Planung richten sich nicht nur auf die Nachhallzeit, sondern auf Schalllenkung im Raum, vermeiden störender Echos/Mehrfachreflektionen. Hinzu kommen Definitionen der Sprachverständlichkeit (STI-Wert). Diese stehen auch im Zusammenhang mit Spezifikationen der elektroakustischen Notfall-Warnanlage. [4], [5]. In gleicher Weise sind Vorgaben zu erfüllen für andere Räume der Schule wie Mensa, Aula, Sporthalle; hier Kriterien „Sprache“, Sport. Eine Definition des raumakustischen Behaglichkeitsfeldes lässt sich aus Anforderungskriterien definieren [6].

## Bestandsaufnahme und Sanierung

Exemplarisch an einem Klassenraum sind Nachhallzeiten in Abb. 1 aufgetragen. Nach Fertigstellung traten für Situation Kurve 1 Beschwerden auf. Erste Untersuchungen erfolgten



**Abb. 1:** Kurve/1/: nach Fertigstellung 0,96s; /2/ berechnet aus /1/ mit 20 Kindern 0,80s; /3/ Anforderung nach DIN 18041:2004 0,56s /4/zulässige frequenzabhängige Abweichungen zu /3/; /5/ Messung nach Sanierung 0,56s; /6/ 16 m<sup>2</sup> zusätzliche Absorberfläche 0,48s (250 – 2000Hz)

anhand einiger absorbierender Stellwände und anschließend Nachrüstung

\*  
\*  
\*

Die erreichte Nachhallzeit mit ...s ist höher als Vorgabe, wurde aber zunächst von Beteiligten akzeptiert. Ergänzende Absorberflächen sind auch im Sinne einer zweiten Nachrüstung anzustreben.

## **Absorbermaterialien für Klassenräume**

Besondere Eigenschaften charakterisieren den Einsatz und die Verwendbarkeit in Klassenzimmern:

- \* Hinreichende Schallabsorption
- \* Robuste Ausführung, insbesondere Wandabsorber (u. a. GK-Lochplatten, hinterlegtes Lochblech, Faservlies; geschlitzte oder perforierte Holzplatte; Dämmlage frontseitig Lochblech und Stoffbezug)
- \* Einfacher Austausch/Ersatz
- \* Einfaches Reinigen/Renovierbarkeit

Zahlreiche auf dem Markt verfügbare Produkte besitzen zwar ausgezeichnete Absorptionsfähigkeiten, jedoch nicht die ausreichende Robustheit. Verbesserungen und Produktoptimierungen gerade im Hinblick auf den Einsatz in Klassenzimmern wünschenswert

## **Literatur**

- [1] DIN 18041:2004
- [2] IEMB: Institut für Erhaltung und Modernisierung von Bauwerken e.V., Berlin, Fachinformation, Planungshilfen für die Modernisierung von Schulbauten der Baualtersgruppe von 1860-1920
- [3] ANST S12.60.2002: Acoustical Performance Criteria, Design Requirements and Guidelines for Schools, American National Standard, Acoustical Society of America, Melville, NY
- [4] DIN EN 59-24:2008: Brandmeldeanlagen Teil 24: Komponenten für Sprachalarmierung in Brandmeldeanlagen Qualitätsanforderungen bei Beschallungsanlagen für Sprache und Musik
- [5] Dega, Fachausschuss Elektroakustik, 2010
- [6] Völker, E.J.; Teuber, W.; Fischer, S: Optimale Akustik in Schulklassen – zur Definition eines Behaglichkeitsfeldes, DAGA 2010, Berlin
- [7] Teuber, W: Room acoustics in schools – Experiences using DIN 18041; NAG/DAGA 2009, Rotterdam

Dies ist die Formatvorlage, um einen Beitrag für den Tagungsband der DAGA 2010 in Berlin zu verfassen. Um ein einheitliches Erscheinungsbild der Beiträge im Tagungsband bzw. auf der Tagungs-CD-ROM sicherzustellen, möchten wir Sie bitten, die hier vorgegebenen Formatvorgaben einzuhalten und die entsprechenden Templates zu verwenden. Diese Datei enthält die Richtlinien zur Erstellung von Beiträgen mit MS-Word. Eine Formatvorlage für die Beitragserstellung mit LaTeX steht auf <http://www.daga-tagung.de/2010> ebenfalls zum Download bereit.

Die Formatvorlage stellt die nötigen Absatz- und Schrift-einstellungen zur Verfügung, damit das Layout Ihres Beitrags so einfach wie möglich gestaltet werden kann. Bitte benutzen Sie keine Formatierungen, die nicht innerhalb dieses Templates angeboten werden. Nur so kann sicher gestellt werden, dass sämtliche Beiträge des Tagungsbandes ein einheitliches Erscheinungsbild aufweisen.

## Wichtig

Beim Einreichen Ihres Abstracts über die DAGA-2010-Homepage <http://www.daga-tagung.de/2010> werden eine Reihe von Informationen bezüglich Ihres Beitrags in einer Datenbank abgelegt. Dies sind insbesondere:

- der Titel Ihres Beitrags,
- die Liste der Autoren.

Diese Informationen werden vom System genutzt, um automatisch zum Beispiel das Tagungsprogramm, einen Autorenindex, die Tagungs-CD-ROM zu erstellen.

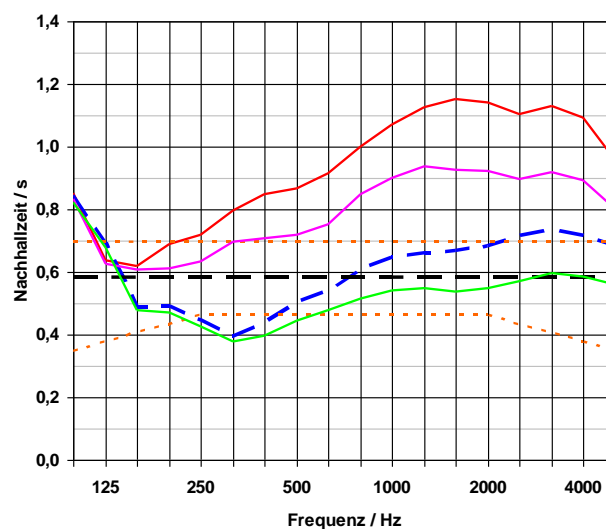
Es ist **besonders wichtig**, dass die Datenbank, die die Beiträge verwaltet, keine Fehler enthält und mit den Informationen in Ihrem endgültigen Manuskript übereinstimmt. Dies betrifft im Besonderen den Titel Ihres Beitrags und die Daten der beteiligten Autoren (Anzahl, Reihenfolge ...).

Der Web-Server erzeugt die endgültigen Dateien, indem die eingereichten Dateien automatisch verändert werden. Dies schließt folgendes ein:

- Einfügen von Kopf- und Fußzeilen,
- Einfügen der Seitenzahlen,
- Gegebenfalls die Konvertierung in eine PDF-Datei.

Aus diesem Grund ist es **sehr wichtig**, dass Sie die folgenden Regeln bei der Erstellung Ihrer Datei berücksichtigen:

- **fügen Sie keinerlei Kopf- oder Fußzeilen ein,**
- **fügen Sie keine Seitenzahlen ein,**



**Abbildung 2:** Dies ist ein Dodekaeder-Lautsprecher. Bildunterschriften sollten soviel Information enthalten, dass die zugehörige Abbildung ohne Lesen des gesamten Manuskriptes verstanden werden kann.

- **beachten Sie die unten angegebenen Maße für Seitenränder,**
- falls Sie die Testversion einer Software zum Erstellen Ihres PDF-Files verwendet haben, **vergewissern Sie sich, dass die Software keine zusätzlichen Kommentare in Ihr Dokument eingefügt hat** (Dies kann auf jeder Seite, nur auf der ersten oder letzten Seite Ihres Manuskriptes der Fall sein).

Die eingereichten bzw. konvertierten PDF-Dateien können vor dem Erstellen des Tagungsbandes und der Tagungs-CD-ROM überprüft und verändert werden. Die Organisatoren der Tagung behalten sich vor, PDF-Dateien, die die Vorgaben nicht einhalten, abzulehnen oder entsprechend anzupassen. **Im Falle einer Ablehnung können die Autoren das Manuskript überarbeiten, so dass es den Vorgaben entspricht. Sonst wird das eingereichte Manuskript durch die zugehörige Kurzfassung ersetzt.**

## Grundlegende Formatvorgaben

### Seitenlayout

**Seitenränder:** Oben und unten jeweils 2 cm Abstand, links und rechts 1,5 cm. Der Zeilenabstand soll 0,7 cm betragen.

**Papiergröße:** A4

### Formate

Times New Roman ist als Standard Schriftart zu verwenden.

**Titel:** Schriftgröße: 14pt, fett, Ausrichtung zentriert, Abstände 0pt vorher, 6pt danach.

**Autoren:** Zentriert unter dem Titel in 12pt, nicht fett.

**Institution:** Zentriert unter den Autoren, 11pt, italic.

### Überschriften

- Größe 12pt, fett, linksbündig, 6pt vorher, 3pt danach.
- Größe 10pt, fett, linksbündig, 3pt vorher, 3pt danach.

### Textkörper

Schriftgröße: 10pt, normal; Blocksatz, Abstände vor Absatz 0pt, nach Absatz 6pt, Zeilenabstand 12pt.

## Spezielle Formatvorgaben

### Grafiken

Beschriftungen von Grafiken und Abbildungen werden als Unterschrift zentriert in der Mitte der betreffenden Spalte eingefügt (wie Abbildung 2 und Abbildung 3). Schriftgröße 9pt, fett/normal, einfacher Zeilenabstand.



**Abbildung 3:** Entdeckung des nächsten Wurmloches rechts des Andromedanebels.

### Tabellen

Tabellen werden wie unten dargestellt formatiert. Die Beschriftung wird als Überschrift oberhalb der Tabelle angeordnet.

**Tabelle 1:** Das ist eine Tabelle

Variante	Parameter		
	A	B	C
X	AX	BX	CX
Y	AY	BY	CY
Z	AZ	BZ	CZ

## Literaturverzeichnis

Verwendete Literatur wird am Ende des Manuskripts angegeben. Artikel [1], Bücher [2] und Internet-Adressen [3][4][5] werden wie unter Literatur angegeben zitiert.

### Formeln

Gleichungen sind zu nummerieren und so anzuordnen, wie beispielsweise Gleichung (1).

$$F = \pi r^2 \quad [\text{m}^2] \quad (1)$$

Stellen Sie sicher, dass alle vorkommenden Variablen bei der ersten Verwendung erläutert werden.

Um bekannte Fehler in MS-Word zu umgehen, wird empfohlen, dass zum Einfügen von Formeln die obige Tabelle (mit Formel in der linken, Einheiten in der mittleren und Nummerierung in der rechten Spalte) zu kopieren. Die Referenzen werden automatisch erneuert.

### Erzeugen einer PDF-Datei

Das Manuskript sollte als PDF-Datei eingereicht werden. Um eine ausreichend gute Druckqualität sicherzustellen, ist eine Auflösung von 600 dpi für den PDF-Export zu wählen.

Die folgenden Anforderungen sind zu erfüllen:

- Das Manuskript muss als A4 Seiten formatiert sein.
- Das Manuskript darf nicht mehr als 2 Seiten enthalten.
- Alle verwendeten Schriftarten **müssen** in das PDF-File eingebettet sein.

Alternativ können Word- und PostScript-Dateien eingereicht werden. Der Server konvertiert diese in eine PDF-Datei.

### Häufige Probleme

**A4 Format:** Bei einigen Konvertierungsprogrammen kann es vorkommen, dass bei der Umwandlung nach PDF das Seitenformat als US Letter gewählt wird, selbst wenn dies in Word als A4 vorgegeben ist. Deshalb muss beim Konvertieren ein vom Programm abhängiger Parameter zusätzlich gesetzt werden.

**Eingebettete Schriften:** Bei der Konfiguration von Acrobat Distiller ist darauf zu achten, dass **alle** Schriftarten eingebettet werden. Dies ist in der Regel **nicht** der Standard. Als kostenlose Alternative zu Adobe Acrobat gibt es die Software PDFCreator [4]. Desweiteren lassen sich Postscript-Dateien (\*.ps) mit Hilfe von Ghostview/ Ghostscript [5] in das PDF-Format umwandeln.

### Literatur

- [1] Bär, L.: How to write a manuscript. Acta Acustica united with Acustica 90 (2004), 2203-2503
- [2] Platz, A.: Berlins Akustik im Überblick. Verlag, Berlin, 2010

- [3] DAGA 2010 Homepage,  
URL: <http://www.daga-tagung.de/2010>
- [4] PDFCreator, URL: <http://sourceforge.net/projects/pdfcreator>
- [5] Free software Ghostview and Ghostscript, URL:  
<http://www.cs.wisc.edu/~ghost/>