



**Leitfaden Raumakustik in Unterrichtsräumen**  
**- ein aktuelles Thema der Schulhygiene -**  
**(Auswirkungen auf Sprachverständlichkeit und Stimmbelastung)**

**Vorbemerkung**

Dieser Leitfaden wendet sich an alle mit der Planung, Genehmigung, Bauausführung und mit dem Betreiben von Schulen befassten Firmen, Einrichtungen und Ämter. Neben Sachinformationen sollen im Ergebnis von Untersuchungen leicht verständliche Umsetzungsvorschläge normativ geregelter Raumakustikanforderungen für Unterrichtsräume gemacht werden, die zum Verständnis keine besonderen Fachkenntnisse voraussetzen.

**1. Problem**

Sowohl nach der Inbetriebnahme neuer als auch bei bestehenden Schulen wurde in letzter Zeit von Lehrern und Schülern über mangelhafte Raumakustik in den Unterrichtsräumen geklagt.

Schlechte Sprachverständlichkeit auf der Lehrerposition und auf den Schülerplätzen wirkt sich elementar auf die Nutzung dieser Zweckräume aus.

Ein hoher Störgeräuschpegel auch bei relativ geringer Unruhe der Schüler beeinträchtigt den Unterrichtsablauf erheblich, was sich negativ auf die Konzentration auswirkt und häufige Ursache für vorzeitige Ermüdung und Kopfschmerz ist. Aus pädagogischer Sicht ist die Beeinträchtigung der Aufnahme und Wiedergabe schulischen Wissens von besonderer Bedeutung.

Beklagt wurde in Gesprächen zudem eine hohe Stimmbeanspruchung besonders für die Lehrer, was dauerhaft zu Stimmproblemen durch Überforderung der Stimmbänder führen kann.

Bei Vorortbesichtigungen wurde in der Regel folgendes festgestellt:

**subjektiv** Die Räume wirken sehr hallig, verbunden mit einer wahrzunehmenden Verschiebung des Geräuschspektrums in den tieffrequenten Bereich (Klangfarbenänderung). Mehrfachreflexionen an den schallharten Raumbegrenzungsflächen führen zur Beeinträchtigung der Sprachverständlichkeit und Erhöhung des Störschallpegels.

Daraus ergab sich die Aufgabenstellung:

**objektiv** Durch Messungen der Nachhallzeit [1] in den Klassenräumen ist dieser Eindruck zu verifizieren, bei Abweichungen zu geltenden Vorgaben sind Sanierungsmaßnahmen vorzuschlagen und wenn möglich deren Wirkung abzuschätzen. Letztlich stellte sich nach der Bearbeitung von Einzelfällen die Frage nach verallgemeinerungsfähigen Ergebnissen und praxisnahen Empfehlungen zur Lösung dieses schulhygienischen Problems.

Auf Besonderheiten der akustischen Gestaltung von Musikräumen, Aulen, Pausenhallen, Sporthallen, Treppenhäusern, Fluren usw. wird in diesem Leitfaden nicht eingegangen. Hier sind vergleichbare Probleme zu lösen bzw. steht die Lärminderung im Vordergrund.

**2. Beurteilungskriterien**

Zur Gewährleistung einer guten Hörbarkeit von Sprache und Musik in Unterrichtsräumen sind bestimmte raumakustische Voraussetzungen zu schaffen. In Räumen mit einem Volumen bis 1000 m<sup>3</sup> sollte nach [2] im Frequenzbereich zwischen 250 Hz und 2000 Hz eine Nachhallzeit T nach Tabelle 1 entsprechend der überwiegenden Nutzung erreicht werden.

Bei größeren Räumen ist eine auf das Spektrum der möglichen Nutzungsfälle zugeschnittene genaue Einzelbemessung notwendig.

Die Sprachverständlichkeit hängt neben der Nachhallzeit als dem ältesten bekannten raumakustischen Beurteilungskriterium auch

vom Störschallpegel im Raum und von den Reflexionen ab. Sie kann entsprechend der Raumnutzung durch das gezielte *Einbringen von Absorbern mit definierten Eigenschaften* und die Erhaltung erwünschter Reflexflächen zur Schall-Lenkung verbessert werden.

Die Nachhallzeit eines Raumes ist diejenige Zeit in Sekunden, die vom Zeitpunkt des Ausschaltens einer Quelle im Raum vergeht, bis der Schalldruckpegel um 60 dB (Abklingkurve linear) abgefallen ist.

Neben raumakustischen Wirkungen lassen sich mit dem Einbringen von Absorbermaterialien auch begrenzte Schallpegelminderungen im diffusen Schallfeld erzielen.

**Tabelle 1** Einzuhaltende Nachhallzeiten nach [2]

Überwiegende Nutzung	Nachhallzeit	Nachhallklassen
Bibliotheken, Freizeitbereiche, stark gedämpft	T < 0,75 s	I
Unterricht und Gruppenarbeit mit vorwiegend sprachlicher Kommunikation	T = 0,75 s bis 1,0 s	II
darstellendes Spiel (vorwiegend Sprache) Probe, Aufführung	T = 1,0 s bis 1,25 s	III
Musikunterricht, Musizieren, Probe, Aufführung	T = 1,25 s bis 1,5 s	IV

Die Tendenz der in Überarbeitung befindlichen DIN 18041 [4] weist auf noch strengere Sollwerte für die Nachhallzeit in Unterrichtsräumen hin, die hier jedoch nicht verwendet werden konnten, da der Veröffentlichungstermin der Norm nicht absehbar ist.

**Anmerkung:**

Schick [3] berichtet u.a. in einem Forschungsstandsbericht zur „Lärmbelastung von Lehrern und Schülern“ über den Zusammenhang von Nachhallzeiten in Klassenräumen und der daraus resultierenden Sprachverständlichkeit mit alarmierenden Zahlenbeispielen:

	T = 0,4 s	T = 1,2 s
Sprachverständlichkeit normal hörender Schüler	93 %	77 %
Sprachverständlichkeit schwerhöriger Schüler	74 %	45 %

Es wird dabei entsprechend WHO-Bericht auch auf den niederfrequenten Bereich um 125 Hz verwiesen, der sich besonders auf Kinder mit bereits geringen Hörstörungen erheblich auswirkt (Forderung hier nach noch kürzeren Nachhallzeiten T ≤ 0,6 s).

Mehr als 30 % aller Kinder und Jugendlichen haben einen zeitweiligen oder bereits beginnenden dauernden Hörschaden!

**3. Prüfung der Raumakustik durch Messungen**

Die raumakustische Prüfung der beanstandeten Unterrichtsräume, Fachunterrichtsräume und Gruppenräume in Kindertagesstätten mit sehr unterschiedlichen Raumgrößen erfolgte durch Messungen der Nachhallzeit T.

**Messverfahren**

Messablauf und Geräteinsatz orientierten sich an den Vorgaben der DIN 52216 [1]. Da die Nachhallzeit eine Funktion der Frequenz ist, wurde spektral gemessen und gemessen.

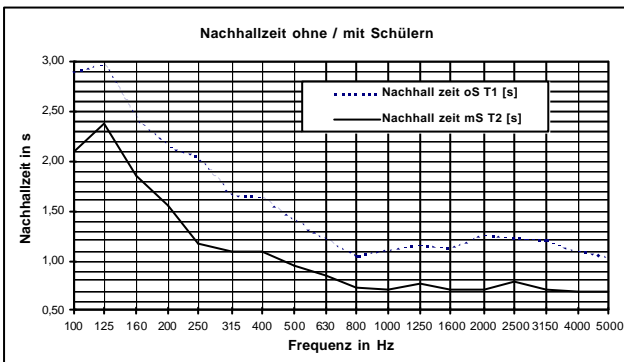
**Messbedingungen**

Die Messungen wurden mit und ohne Schüler durchgeführt. Hohe Anregungspegel um 100 dB je Terz zwischen 100 Hz und 4000 Hz sollten die notwendigen Störabstände bei Anwesenheit der Kinder gewährleisten. Die Räume wiesen im Übrigen keine Besonderheiten auf. Decken, Wände und Fußböden waren glatt ohne Absorber, das spärliche Mobiliar (Regale, Tische und Stühle) hatte durchweg schallharte Oberflächen.

**Ergebnisbeispiel**

Ein typisches Beispiel (Klassenraum ca. 56 m<sup>2</sup>) der Nachhallzeitmessungen unter den verschiedenen beschriebenen Randbedingungen ist nachstehend grafisch dargestellt und tabellarisch in Oktavschritten zusammengefasst.

**Abbildung 1** Typischer Nachhallzeitverlauf in einem Klassenraum



**Tabelle 2** Wertetabelle in Oktaven ohne (T<sub>1</sub>) / mit (T<sub>2</sub>) Schülern

f in Hz	125	250	500	1000	2000	4000	mittel
T <sub>1</sub> in s	2,98	2,04	1,41	1,11	1,26	1,10	1,59
T <sub>2</sub> in s	2,38	1,17	0,95	0,71	0,72	0,70	1,09

Es ist ersichtlich, dass im voll besetzten Klassenraum im Vergleich zum leeren Raum eine mittlere Differenz von etwa 0,5 s auftritt. Hier wirken demnach die Schüler in ihrer Sitzordnung als Absorber.

Der charakteristische Abfall der Nachhallzeit im oberen Frequenzbereich resultiert u.a. aus dem Absorptionsvermögen feiner Strukturen für kurze Schallwellenlängen.

**4. Bewertung, Schlußfolgerungen**

Die Messungen haben ergeben, dass in akustisch unbehandelten Räumen die Nachhallzeiten im sprachbedeutsamen Frequenzbereich 250 - 2000 Hz zum Teil sehr **deutlich über den geforderten Werten** liegen mit den beschriebenen beanstandeten Auswirkungen.

Nachstehend wird in Tabelle 3 ein **anwendungsfreundlicher abgestufter Vorschlag** zur Umsetzung der raumakustischen Anforderungen in Unterrichtsräumen vorgestellt und kurz erläutert.

**Festgelegte Randbedingungen**

Die erforderliche Nachhallzeit für Klassenräume mit vorwiegend sprachlicher Kommunikation wird in Anlehnung an DIN 18031 "Hygiene im Schulbau" mit 0,75 Sekunden angesetzt. Als Bemessungskriterium wird der unbesetzte Klassenraum und die mittlere Nachhallzeit über die Frequenzen 250 - 2000 Hz ausgewählt (bei 125 Hz waren z.T. extreme Einflüsse von Nischen / Ausbuchtungen der Räume zu verzeichnen).

Dem Vorschlag liegt die Korrelation zwischen Raumvolumen (Einfluß auf die Nachhallzeit) und schulhygienisch notwendiger nach vorgenannten Kriterien einzubauender äquivalenter Absorberfläche in den Klassenräumen zugrunde.

Die notwendigen Absorberflächen werden raumgrößenabhängig und vereinfacht in Stufen ausgewiesen, alle Werte sind auf ganze Zahlen aufgerundet.

Die Zahlenangaben in *äquivalenter Schall-Absorptionsfläche* bedeuten, dass die praktisch einzubauenden Flächen immer größer sind (der reale Absorptionsgrad *a* ist immer kleiner als 1).

Die notwendigen Absorber sind möglichst im hinteren (bei Frontalunterricht dem Lehrerpult gegenüberliegenden) oberen Wandbereich des Klassenraumes sowie im hinteren und seitlichen Deckenbereich anzubringen (U-förmig nach vorn geöffnet).

**Tabelle 3** Notwendige einzubauende Absorberflächen in Unterrichtsräumen mit sprachlicher Kommunikation

Spalte	1	2	3	4
Zeile	Raumvolumen	notw. äq. Absorber	Absorberfl. a <sub>w</sub> = 0,5...0,6	Absorberfl. a <sub>w</sub> = 0,7...0,8
1	90 - 120 m <sup>3</sup>	6 m <sup>2</sup>	11 m <sup>2</sup>	8 m <sup>2</sup>
2	121 - 150 m <sup>3</sup>	10 m <sup>2</sup>	19 m <sup>2</sup>	14 m <sup>2</sup>
3	151 - 180 m <sup>3</sup>	15 m <sup>2</sup>	28 m <sup>2</sup>	20 m <sup>2</sup>
4 *	181 - 210 m <sup>3</sup>	19 m <sup>2</sup>	35 m <sup>2</sup>	26 m <sup>2</sup>
5 **	211 - 240 m <sup>3</sup>	23 m <sup>2</sup>	42 m <sup>2</sup>	31 m <sup>2</sup>
6	241 - 270 m <sup>3</sup>	27 m <sup>2</sup>	50 m <sup>2</sup>	36 m <sup>2</sup>
7	271 - 300 m <sup>3</sup>	31 m <sup>2</sup>	57 m <sup>2</sup>	42 m <sup>2</sup>
8	301 - 330 m <sup>3</sup>	36 m <sup>2</sup>	66 m <sup>2</sup>	48 m <sup>2</sup>
9	331 - 360 m <sup>3</sup>	40 m <sup>2</sup>	73 m <sup>2</sup>	54 m <sup>2</sup>
10	361 - 390 m <sup>3</sup>	44 m <sup>2</sup>	80 m <sup>2</sup>	59 m <sup>2</sup>

\* üblicher Klassenraum

\*\* Fachunterrichtsraum

Die Wirksamkeit der einzusetzenden Absorber muss besonders für den sprachrelevanten Frequenzbereich 250 - 2000 Hz nachgewiesen sein.

Daher sollten nur Produkte mit Baumusterprüfung nach DIN 52212 (neu EN 20354) verwendet werden mit Angaben zum frequenzabhängigen Schallabsorptionsgrad *a* und/oder zum bewerteten Schallabsorptionsgrad *a<sub>w</sub>* (ISO 11654).

Tabelle 3 enthält in den Spalten 3 und 4 Beispielangaben für die zu ermittelnden tatsächlich notwendigen Absorberflächen bei Werten von *a<sub>w</sub>* = 0,5...0,6 bzw. *a<sub>w</sub>* = 0,7...0,8.

**Praxisumsetzung**

Sinnvollster Zeitpunkt zur Umsetzung der beschriebenen Anforderungen ist der Neubau oder die Sanierung einer Schule. Analog zur Luft- und Trittschalldämmung sollte im Hochbauprojekt der Nachweis einer ausreichenden Raumakustik geführt werden. Als ausreichend kann der Einsatz der in Tabelle 3 genannten Absorberflächen gelten. Eigenschaften und Anordnung der Absorbermaterialien sollten kurz beschrieben werden.

**5. Sachbezogene Unterlagen**

- [1] DIN 52 216 , Bauakustische Prüfungen, Messung der Nachhallzeit in Zuhörerräumen, August 1965 (neu ISO 3382 )
- [2] DIN 18 031 , Hygiene im Schulbau, Umgebungsbedingungen in Schulräumen, Grundlagen für die Bewertung, 2., überarbeitete Auflage 1983

Herausgegeben als Fachbericht vom DIN Deutsches Institut für Normung e.V.

- [3] A. Schick et al. : Die Lärmbelastung von Lehrern und Schülern  
- ein Forschungsstandsbericht,  
Z. Lärmbekämpfung 46 (1999) 3, S. 77-87
- [4] DIN 18 041 , Hörsamkeit in kleinen bis mittelgroßen Räumen,  
Oktober 1968 (zur Zeit in Überarbeitung)
- [5] Schulbaurichtlinie des Landes Mecklenburg-Vorpommern  
(SchBauRL M-V) vom 17. März 1997 (AmtsBl. M-V Nr.15)
- [6] Technische Richtlinien für den Schulbau (TR - Schulbau),  
Teil 2, Kostenrichtwerte und Planungshinweise für Schulen und  
Sporthallen vom 15. März 1993 (AmtsBl. M-V Nr.16) und  
2. Änd. (AmtsBl. M-V Nr.13, 1995)

**Dieser Leitfaden wurde mit dem Bildungs-, Finanz- und  
Ministerium für Arbeit und Bau des Landes abgestimmt.**

**Anfragen:** Landeshygieneinstitut M-V, Außenstelle Schwerin  
19055 Schwerin, Bornhövedstraße 78  
Dipl.-Phys. H. Schottke  
Tel. (03 85) 5 00 11 59 , Fax (03 85) 5 00 11 18  
e-mail: schottke@lhi.sn.shuttle.de