

# Akustische Bedingungen in Grundschulen und Ihre Wirkung auf die Lernleistung der Kinder

## Teil 1: akustische Untersuchungen

Jochen Seidel<sup>1</sup>, Lutz Weber<sup>2</sup>, Philip Leistner<sup>3</sup>

Fraunhofer-Institut für Bauphysik, 70569 Stuttgart, Deutschland

Email: <sup>1</sup>jochen.seidel@ibp.fraunhofer.de, <sup>2</sup>lutz.weber@ibp.fraunhofer.de, <sup>3</sup>philip.leistner@ibp.fraunhofer.de

### Die Studie

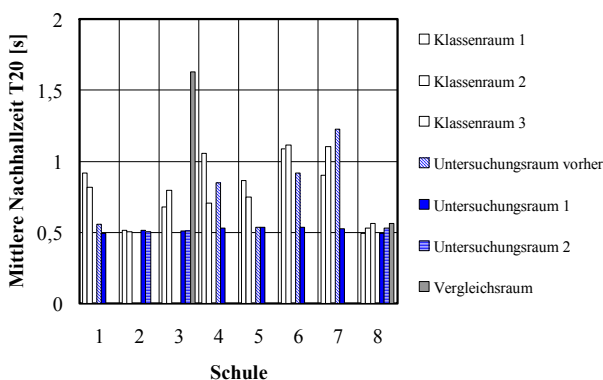
Die akustische Umwelt besonders in Grundschul-Klassenräumen beeinflusst die Entwicklung der Sprachverarbeitung der Heranwachsenden. Zustandserfassungen an Schulen und Laborstudien über die Auswirkungen existieren bereits. Die hier vorgestellte interdisziplinäre Studie untersucht vor Ort mit psychologischen Tests (Teil 2, [1]) chronische und akute Auswirkungen der detailliert erfassten akustischen Umwelt (Teil 1) in den Schulen.

Dafür wurden an 8 Schulen in Stuttgart in insgesamt 21 Klassenräumen die Bau- und Raumakustischen Bedingungen sowie die Außenlärmbelastung erfasst und an jeder Schule für den Zeitraum der Studie ein akustischer Referenzraum eingerichtet. Die Auswahl der Schulen zielte auf möglichst eindeutige Ergebnisse der psychologischen Tests ab. Das Auswahlverfahren wurde in [2] erläutert.

### Ergebnisse

#### Raumakustik

Abbildung 1 zeigt die gemessenen Nachhallzeiten. Die Werte sind räumlich gemittelt über 10 Übertragungswege je Raum und im Frequenzbereich über die Oktav-Werte von 250 Hz bis 2 kHz.



**Abbildung 1:** Gemessene mittlere Nachhallzeiten in Klassen- und Untersuchungsräumen.

Die Nachhallzeiten in den unbehandelten Klassenzimmern liegen zwischen 0,5 s und 1,2 s (weiße Balken). In selben Wertebereich liegen die Nachhallzeiten der noch unbehandelten Untersuchungsräume (diagonal gestreifte Balken). Durch mobile Absorber wurden in den Untersuchungsräumen Nachhallzeiten um ca. 0,5 s eingestellt (blaue Balken und quer gestreifte Balken). An einer Schule wurde ein Raum mit besonders langer

Nachhallzeit (ca. 1,6 s) angeboten. Er wurde unbehandelt in die Studie einbezogen und abweichend vom üblichen Testdesign statt dessen die Heimatklassenräume auf 0,5 s bedämpft.

Die Raumakustik wurde weitaus detaillierter als hier dargestellt erfasst. Auf zehn Übertragungswegen, die typische Unterrichtssituationen repräsentieren und in allen Räumen gleich waren, wurden frequenzabhängig die üblichen Maßzahlen für den Energieanteil der frühe Reflexionen, Early Decay Time (EDT) und der Sprachübertragungsindex (STI, nicht frequenzabhängig) ermittelt. Für einen ersten Eindruck sei jedoch erwähnt, dass diese Raumakustischen Parameter nach räumlicher Mittelung mit einem Bestimmtheitsmaß von 0,9 und höher in einem linearen Zusammenhang mit der Nachhallzeit stehen. Betrachtet man einzelne Übertragungswege, korrelieren die Parameter weniger [3].

Für die statistische Auswertung im Teil 2 [1] war es notwendig die Daten nicht nur räumlich zu mitteln, sondern zusätzlich auch auf die Zugehörigkeit zu einem von drei Wertebereichen zu reduzieren. Es kommt dabei zur selben Gruppeneinteilung (NH 1, NH 2, NH 3) der Klassenräume unabhängig davon, ob die T20, die STI oder die Deutlichkeitsmaße D als Kriterium dienen.

**Tabelle 1:** Nachhallzeit, Sprachübertragungsindex und Deutlichkeitsmaß der zu den Gruppen NH 1 bis NH 3 zugeordneten Heimatklassenräumen der 2. Klassen. T20 und D gemittelt von 250 Hz bis 2000 Hz.

	NH1		NH 2		NH 3	
	von	bis	von	bis	von	bis
T20	0,49 s	0,56 s	0,68 s	0,92 s	1,06 s	1,11 s
STI	0,78	0,76	0,70	0,64	0,64	0,60
D	81 %	77 %	70 %	58 %	56 %	51 %

#### Bauakustik

Für die Charakterisierung der Schalldämmung wird hier die Pegeldifferenz ohne Nachhallzeitkorrektur statt des sonst üblichen  $D_{nT}$  oder  $R'$  herangezogen, da nicht der „Schuldfrage“ einzelner Baugewerke sondern der Gesamtsituation die Aufmerksamkeit gilt. Die ISO 717-bewerteten Ergebnisse sind in Abbildung 2 dargestellt.

In horizontaler Übertragungsrichtung (graue Balken) sind die Pegeldifferenzen mit Werten um 50 dB in einem ausreichenden Bereich. Abweichungen gibt es an Schule 2 mit einer ungünstigen Leichtbau-Wandkonstruktion und an Schule 3, wo Garderoben zwischen den Räumen zeigen, wie durch Grundrissgestaltung erfolgreich Schallschutz praktiziert werden kann.

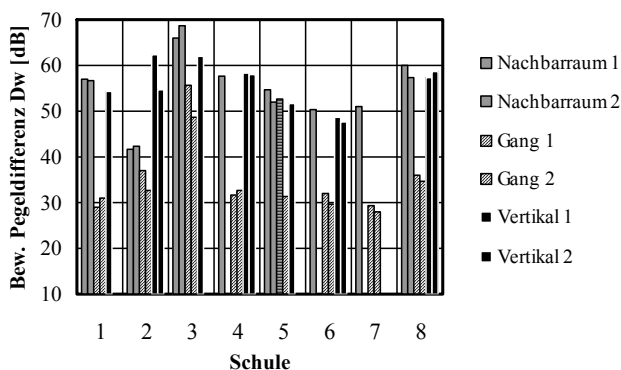


Abbildung 2: Bewertete Pegeldifferenz zwischen Klassenzimmer und Nachbarraum, Gang und Raum darüber/ darunter („vertikal“).

Zum Gang (diagonal gestreifte Balken) ist die durchweg niedrige Pegeldifferenz mit Werten um 30 dB auf Türen ohne Dichtungen und mit großen Spalten zurückzuführen. Hier fallen wiederum die vorgelagerten Garderoben an Schule 3 positiv auf. Beobachtungen während des Unterrichts zeigen jedoch eindringlich, dass entscheidend für die tatsächliche akustische Belastung der zwischen den Schulen recht unterschiedliche Schallpegel auf dem Gang ist. In einem Fall wurden bei geschlossenen Türen eindeutige Störungen beobachtet, während in einem anderen trotz offen stehender Türen (!) keine Beeinträchtigung auftrat.

In vertikaler Richtung ist die Luftschallpegeldifferenz von ähnlich hoher Größenordnung wie in horizontaler Richtung, sodass Luftschallübertragung zwischen Klassenzimmern an den 8 beteiligten Schulen praktisch keine Rolle spielt.

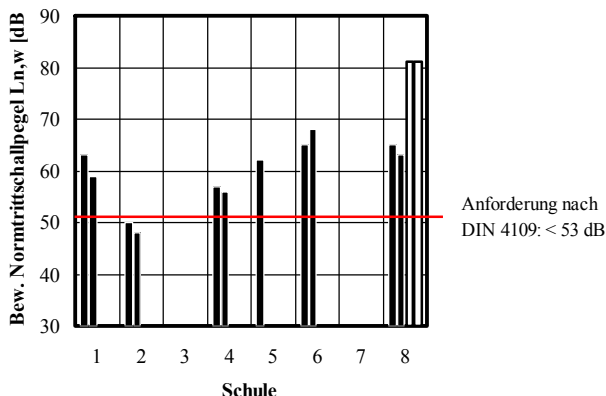


Abbildung 3: Gemessene Normtrittschallpegel und geltende Anforderung (leere Balken: 1. Klassen).

Die bewerteten Normtrittschallpegel von darüberliegenden Räumen sind in Abbildung 3 zu sehen. Zunächst fallen einige Lücken auf: Der beste Trittschallschutz ist ein fehlender Raum darüber. Andere Klassenzimmer verfehlen weit die Anforderungen nach DIN 4109 von 53 dB. Entsprechende Störungen wurden auch während der psychologischen Test in den Räumen beobachtet.

### Außenpegel

Die Lage der Schulen reichte von ausgesprochen ruhig bis zu stark belastet. Zur Quantifizierung wurden ca. 2m vor den Fenstern der beteiligten Klassenräume über eine Stunde die Schallpegel gemessen. Die so ermittelte Häufigkeitsverteilung der Schallpegel ist in Abbildung 4 abzulesen. Aus den Kurven deuten sich schon Qualitätsunterschiede zwischen den Standorten an. Schule 8 ist einem relativ hohem aber gleichmäßigen Pegel von einer Schnellstraße ausgesetzt (schmale Spitze). Der Außenpegel an Schule 5 ist von einer Ampel-gesteuerten Hauptverkehrsstraße geprägt, die sich in einem geringen zeitlichen Anteil niedrigerer Pegel während der Gelb-Phasen bemerkbar macht. Schule 4 liegt unmittelbar an einer Durchgangsstraße mit einem Verkehrsaufkommen von nur ca. 3 Fahrzeugen pro Minute. Gerade durch den ständig auf- und abschwellenden Lärmpegel von außen, erkennbar durch den breiten Wertebereich auftretender Schallpegel, müssen diese Klassenräume zu den am stärksten von Außenlärm belasteten Räumen gezählt werden. Umgekehrt wird Schule 3 als ruhig gelegen empfunden, obwohl der häufigste Pegel der viert-höchste im Vergleich der Schulen ist. Die Immission besteht jedoch aus sehr homogenen Verkehrsrauschen, das aus großer Entfernung auf die Schule in Hanglage trifft. Entsprechend ist die Häufigkeitsverteilung hier besonders schmal.

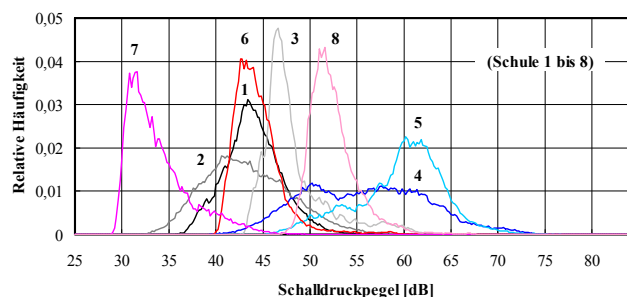


Abbildung 4: Häufigkeitsverteilung der A-bewerteten Schallpegel vor den Schulen.

Die vorgestellte Studie ist Teil des Programms Lebensgrundlagen und Ihre Sicherung BWPLUS und finanziert aus Mitteln des Landes Baden Württemberg

### Literatur

[1] M. Klatte, M. Wegner, J. Hellbrück; Feldstudie zur Akustik in Schulen und Ihre Wirkung auf Kinder - Teil 2: Ergebnisse aus kognitiven Leistungstests und Fragebogendaten, in diesem Tagungsband

[2] J. Seidel, L. Weber, Ph. Leistner; Lärm in der schulischen Umwelt und kognitive Leistungen von Grundschulkindern – Teilprojekt A Umwelt- und Bauakustische Untersuchungen; Fortschritte der Akustik – DAGA'05 München, S. 347-348

[3] J. Seidel, L. Weber, Ph. Leistner, S. Laschczok; Acoustic properties in German classrooms and their effect on the cognitive performance of primary school pupils; Proceedings Forum Acusticum 2005, Budapest, S. 2065-2069