

# Lärm in der schulischen Umwelt und kognitive Leistungen bei Grundschulkindern

## Teilprojekt A: Umwelt- und bauakustische Untersuchungen

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

Fraunhofer Institut für Bauphysik, 70569 Stuttgart, Deutschland

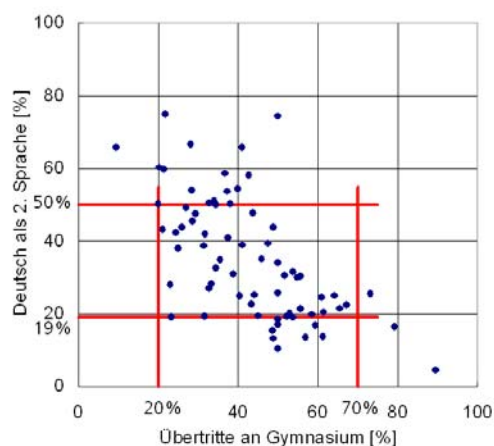
Email: <sup>1</sup>[jochen.seidel@ibp.fraunhofer.de](mailto:jochen.seidel@ibp.fraunhofer.de), <sup>2</sup>[lutz.weber@ibp.fraunhofer.de](mailto:lutz.weber@ibp.fraunhofer.de), <sup>3</sup>[philip.leistner@ibp.fraunhofer.de](mailto:philip.leistner@ibp.fraunhofer.de)

### Einleitung

Der Einfluss der Akustik auf die kognitiven Leistungen von Kindern ist Gegenstand intensiver Untersuchungen. Die bislang durchgeführten Projekte konzentrierten sich vor allem auf die Dokumentation und Sanierung der akustischen Verhältnisse vor Ort sowie auf kognitionspsychologische Studien im Labor.

In dem hier beschriebenen Forschungsvorhaben wird der Zusammenhang zwischen Schulakustik und Lernverhalten erstmals praxisnah im Rahmen einer interdisziplinären Feldstudie untersucht. Die Durchführung der Studie erfolgt durch die Universitäten Eichstätt und Oldenburg (Auswirkung der Akustik auf die kognitive Entwicklung der Schüler, vgl. Klatt et al. in diesem Band) in Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer-Institut für Bauphysik in Stuttgart (akustische Charakterisierung der Klassenräume). Das Ziel der Studie ist, die Bedeutung der schulischen Hörumwelt für die kindliche Entwicklung besser zu verstehen und Informations- und Entscheidungsgrundlagen für die Gestaltung von Schulen und Unterrichtsräumen zu geben.

### Vorauswahl



**Abbildung 1:** Anteil der Schüler mit anderer Muttersprache als Deutsch und Anteil der Schüler, die an ein Gymnasium übertreten der 75 Stuttgarter Grundschulen [1]. Im ersten Auswahlschritt wurden 25 Grundschulen mit extremen Anteilen (außerhalb der roten Linien) von der Untersuchung ausgeschlossen.

Da der Forschungsansatz auf vergleichenden Untersuchungen beruht (es werden kognitionspsychologische Tests an Schulklassen in unterschiedlichem akustischen Umfeld durchgeführt und miteinander verglichen), kommt der Auswahl geeigneter Schulen und Klassen im Rahmen des Projekts eine zentrale Bedeutung zu. Nur wenn die nicht-

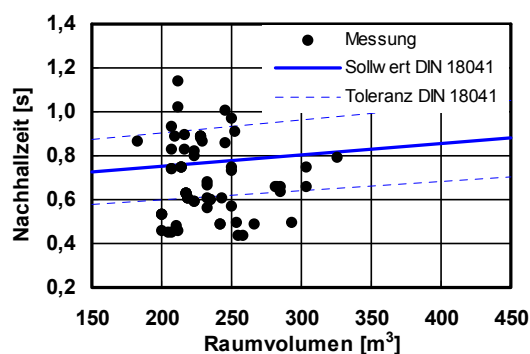
akustischen Einflussgrößen (Moderatorvariablen) weitgehend übereinstimmen, lassen sich aus den Untersuchungsergebnissen gesicherte Erkenntnisse ableiten.

Zur Auswahl der 8 Schulen und daran je 2 zweiten Klassen wurde folgendermaßen vorgegangen:

- Separierung der Grundschulen, bei denen die Übergangsquote auf Gymnasien oder der Anteil von Schülern mit ausländischer Muttersprache ungewöhnlich niedrige oder hohe Werte aufwiesen (Abbildung 1).
- Telefonische Befragung der Schulleiter nach Teilnahmebereitschaft, Moderatorvariablen und Akustik
- Begehungen und orientierende akustische Messungen in den Schulen, die aufgrund der telefonisch ermittelten Informationen als geeignet erschienen.

### Akustische Voruntersuchungen

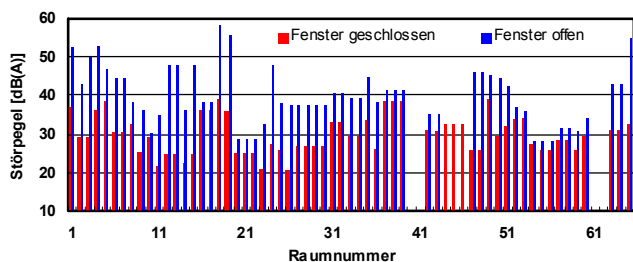
Im Rahmen des Auswahlverfahrens wurde ein eingeschränktes akustisches Messprogramm durchgeführt. In den Klassenräumen wurde die Nachhallzeit und der Mittel- und Maximalwert des Geräuschpegels in den Räumen bei geöffneten und geschlossenen Fenstern erfasst.



**Abbildung 2:** Nachhallzeit über den Frequenzbereich von 250 bis 2000 Hz gemittelt und Raumvolumen der untersuchten Klassenräumen. Die durchgezogene Linie bezeichnet den Sollwert nach DIN 18041 zuzüglich 0,2 s (Messungen in unbesetzten Räumen).

Die Messungen erfolgten im leeren Raum außerhalb der Unterrichtszeiten. Bei dem von außen einwirkenden Lärm handelte es sich meistens um Verkehrsgeräusche oder spielende Kinder auf dem Pausenhof. Bei den Geräuschen aus dem Gebäudeinnern herrschten Trittschall, Türenschlagen sowie Sprache aus Fluren und Nachbarräumen vor.

Die Nachhallzeiten lagen etwa zwischen 0,4 und 1,1 s. Der Mittelwert betrug ca. 0,7 s. In vielen Räumen überschritt die gemessene Nachhallzeit den in DIN 18041 empfohlenen Wert (Abbildung 2). Eine gravierende Überschreitung der Anforderungen (Nachhallzeit über 1,0 s) war allerdings nur in drei Räumen zu verzeichnen.



**Abbildung 3:** Die im Rahmen der Voruntersuchung bei geöffnetem und geschlossenem Fenster gemessenen Schalldruckpegel.

Bei geschlossenen Fenstern wurden Schallpegel zwischen 20 und 39 dB(A) ermittelt. Beim Öffnen der Fenster stiegen die Pegel in den Räumen auf 28 bis 58 dB(A) an. Die Mittelwerte des gemessenen Störgeräuschpegels betragen 30 dB(A) bei geschlossenen Fenstern sowie 40 dB(A) bei geöffneten Fenstern.

Bei geschlossenen Fenstern überschreiten die Pegel die Empfehlungen von DIN 18041 nicht wesentlich, wohl aber bei geöffneten Fenstern. Da ein Unterricht bei ständig geschlossenen Fenstern insbesondere in den Sommermonaten kaum möglich ist, ist die Belastung durch Außenlärm als schwerwiegendes akustisches Problem der betroffenen Räume einzustufen. Diese Einschätzung wird auch von vielen Lehrern geteilt.

## Hauptuntersuchung

Im weiteren Projektverlauf wird an den ausgewählten Schulen der akustische Zustand detailliert erfasst.

### Raumakustik

Von besonderem Interesse sind die raumakustischen Parameter der Klassenräume. Über die Nachhallzeit  $T$  hinaus wird von der Early Decay Time EDT mehr Relevanz für die Sprachverständlichkeit erwartet.

Aus den Maßzahlen für den Energiegehalt der frühen Reflexionen können Silben-, Wort- und Satzverständlichkeiten ermittelt werden. Diese Maßzahlen sind Deutlichkeitsmaß  $C_{50}$ , Deutlichkeitsgrad  $D$  und Schwerpunktzeit  $t_s$ . Die Größen für Nachhall und frühe Reflexionen werden in den Oktavbändern von 63 Hz bis 8 kHz bestimmt. Die Nachhallgrößen werden räumlich gemittelt. Die Angaben über die frühen Reflexionen sind vom Übertragungsweg, also Sprecher und Hörerposition, abhängig. Hier werden repräsentative Übertragungswege typisch für Frontalunterricht und Gruppenarbeit berücksichtigt.

Ebenfalls vom Übertragungsweg, jedoch nicht von der Frequenz abhängig ist die Größe Speech Transmission Index STI. Sollte die Differenzierung nach Frequenzen

notwendig werden, kann auf die zugrundeliegenden Modulations-Übertragungsfunktionen  $m$  in den Oktaven von 125 Hz bis 8 kHz zurückgegriffen werden.

### Bauakustik

Luft- und Trittschalldämmung der Raumwände und -decken werden bestimmt. Aufgrund subjektiver Beurteilung im Rahmen der Vorauswahl sind in einzelnen Fällen mangelhafte Dämmungen zu erwarten. Insbesondere die Türen zu den in der Regel halligen und lautstark frequentierten Gängen lassen Defizite erwarten. Die Fassadendämmung wird nur an den Standorten mit hohem Außenlärmpegel ermittelt.

### Schallpegel

Der im Klassenraum herrschende Schallpegel ist u.a. vom Fach und der Unterrichtsform abhängig [2]. Die Nachhallzeit, Dämmung und der Außenpegel wirken sich ebenfalls auf den Pegel aus. Das Signal-Störgeräusch-Verhältnis ist wiederum entscheidend für die Sprachverständlichkeit. Es liegt also nahe, die Pegel während des Unterrichts mit in die Untersuchung einzubeziehen. Die Vielzahl von Fächern und Unterrichtsformen lassen allerdings nur stichprobenartige Messungen zu, die repräsentativ zu wählen sind.

Zusätzlich werden bei Schulen mit hohem Außenlärmpegel die Pegel ermittelt und in Verbindung mit der Dämmung der Fassaden bei der Auswertung berücksichtigt.

### Untersuchungsraum

Die Studie fragt nach der Auswirkung der akustischen Umwelt auf die *Entwicklung* der Kinder. Unterschiedliche *akute* Wirkungen der Akustik während der Tests mit den Kindern sind also zu vermeiden.

Deshalb wird an jeder Schule ein Untersuchungsraum provisorisch raumakustisch behandelt, um einheitliche akustische Bedingungen an allen Schulen herzustellen. Zum Beispiel eine Nachhallzeit von 0,5 s im Hörfrequenzbereich mit einer Toleranz von <20 % wird als realisierbare Zielvorgabe betrachtet.

### Literatur

[1] Übergänge in weiterführende Schulen im Schuljahr 2002/2003 in Stuttgart., Staatliches Schulamt Stuttgart (2003).

[2] Schönwälder, H.-G.; Berndt, J.; Ströver, F.; Tiesler, G. (2004). Lärm in Bildungsstätten – Ursachen und Minderung. Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Fb 1030.