Akustik in Schulen

Das lärmende Klassenzimmer

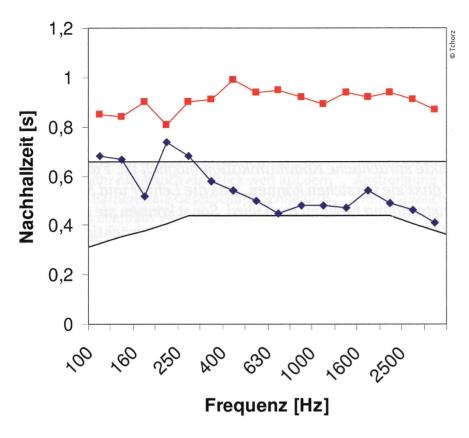
Kinder verbringen im Laufe ihrer Schulzeit Tausende von Stunden in Klassenzimmern. Dabei spielt das Zuhören eine herausragende Rolle. Ein Klassenzimmer sollte daher so gestaltet sein, dass eine uneingeschränkte sprachliche Kommunikation möglich ist. Für die Kinder ist es aber nicht nur wichtig, dass sie verstehen können, was die Lehrer und Mitschüler sagen, sondern auch, dass die Anstrengung nicht zu groß wird. Sonst können sie die Konzentration kaum einen ganzen Vormittag lang aufrechterhalten. Hörbeeinträchtigte Kinder und Nichtmuttersprachler werden durch schlechte akustische Bedingungen besonders benachteiligt. Warum dies so ist und was für besseres Verstehen getan werden kann, erläutert Professor Dr. Jürgen Tchorz von der Fachhochschule Lübeck in diesem Beitrag.

er Effekt von Störgeräuschen und schlechter Klassenraumakustik auf die Leistungen von Kindern wird seit vielen Jahren untersucht. Die Befunde sind eindeutig, aber das Bewusstsein für dieses Thema ist bei Schulträgern und Architekten nicht immer besonders ausgeprägt. Ursachen von Lärm sind externe Schallquellen wie Straßenverkehr, Fluglärm oder haustechnische Anlagen, in erster Line aber interne Schallquellen, also die Geräusche, die von den Kindern selbst ausgehen[1]. Eine schlechte Klassenraumakustik wird durch einen zu großen Anteil schallharter Flächen im Klassenraum verursacht. Daraus ergibt sich eine zu lange Nachhallzeit, die die mit Abstand wichtigste Kenngröße für die Raumakustik von Klassenzimmern ist.

Schlechtes Sprachverstehen

Ein Haupteffekt von Störgeräuschen ist ein geringeres Sprachverstehen. Der Informationsfluss vom Lehrer zum Kind wird beeinträchtigt, und auch die Verständigung mit den Mitschülern wird erschwert. Eine zu lange Nachhallzeit hat einen ähnlich negativen Effekt auf das Sprach-





Nachhallzeit eines unbesetzten Klassenraums vor (rot) und nach akustischer Sanierung (blau). Der frequenzabhängige Toleranzbereich für die Nachhallzeit nach DIN 18041 ist grau hinterlegt. Für Klassen, in denen hörgeschädigte Kinder, Nicht-Muttersprachler, Kinder mit Sprach(verarbeitungs)störungen oder Aufmerksamkeitsstörungen unterrichtet werden, soll im besetzten Zustand die untere Grenze des Toleranzbereiches erreicht werden.

verstehen wie Störgeräusche. Das Sprachsignal wird »verwischt«, sodass gerade leisere Anteile schwerer oder gar nicht mehr wahrnehmbar sind. Durch lange Nachhallzeiten steigt automatisch der Geräuschpegel, da das Schallfeld durch fast vollständige Reflektionen nur wenig abgeschwächt wird. Störgeräusche und Nachhall beeinträchtigen das Verstehen von Gesagtem bei Kindern stärker als bei Erwachsenen. und erst im späten Teenageralter ist die Fähigkeit, Sprache auch unter schwierigen Bedingungen gut verstehen zu können, voll ausgereift. Je jünger das Kind, desto schlechter ist das Sprachverstehen in akustisch schwierigen Situationen - Grundschüler haben entsprechend größere Schwierigkeiten als ältere Kinder.

Ein eingeschränktes Hörvermögen verstärkt diesen Effekt zusätzlich. Auch Hörgeräte können diese Beeinträchtigung ohne beispielsweise eine zusätzliche FM-Anlage kaum ausgleichen. Bei vielen Kindern ist eine Hörstörung noch nicht entdeckt worden und auch leichte und einseitige Hörverluste sowie auditive Verarbeitungs- und Wahrnehmungsstörungen haben einen Einfluss auf das Sprachverstehen. Hinzu kommen zeitweilige Hörminderungen durch Erkältungen oder Mittelohrentzündungen. Schätzungen zufolge können zu einem Zeitpunkt bis zu 40 Prozent aller Grundschüler einen Hörverlust haben^[2]. Im Zuge der integrativen Beschulung steigt die Zahl von hörbeeinträchtigten Kindern an allgemeinen Schulen. Die akustischen Rahmenbedingungen in den Schulen sollten daher den Bedürfnissen dieser Kinder entsprechen.

Eine weitere Gruppe von Kindern mit besonderen Schwierigkeiten beim Sprachverstehen in Störlärm und Nachhall sind Nichtmuttersprachler – der Anteil ausländischer Kinder in Grundschulen liegt bei eirea acht Prozent^[3].

Kurzzeitgedächtnis und Zuhöranstrengung

Aber nicht nur bezüglich des Sprachverstehens sind Kinder und Jugendliche in schwierigen akustischen Situationen gegenüber Erwachsenen im Nachteil. Kurzzeitgedächtnis Auch das funktioniert bei ihnen schlechter als bei Erwachsenen, wenn es Hintergrundgeräusche gibt^[4]. Dabei ist es bei Kindern unerheblich. welcher Art diese Hintergrundgeräusche sind (Sprache oder anderer Lärm). Das Kurzzeitgedächtnis spielt jedoch eine wichtige Rolle beim Erlernen von Sprache, Schreiben und Lesen.

Während die Anstrengung des Zuhörens bei Erwachsenen durch eine subjektive Selbsteinschätzung ermittelt werden kann, wird bei Kindern häufig das Lösen doppelter Aufgaben zur Bestimmung eingesetzt. Auch im Schulalltag müssen häufig mehrere Aufgaben parallel durchgeführt werden, zum Beispiel dem Lehrer zuhören und sich dabei Notizen machen. Um den Effekt des Signal-Rauschabstands (SNR), also das Verhältnis der Lautstärke von Sprache gegenüber Störgeräusche, zu untersuchen, sollten Kinder in einer Studie einsilbige Wörter bei Lärm nachsprechen^[5]. Die zweite, parallele Aufgabe bestand darin, sich Ziffern auf einem Bildschirm zu merken und später zu wiederholen. Je schlechter der SNR beziehungsweise je lauter das Störgeräusch war, desto schlechter konnte diese zweite Aufgabe gelöst werden. Bei Hintergrundgeräuschen wird das Zuhören also anstrengender; die Kinder (insbesondere auch solche mit einer anderen Muttersprache als Deutsch und mit Aufmerksamkeitsstörungen) müssen sich für das Verstehen des Gesagten mehr anstrengen, haben dadurch eine geringere Aufnahmefähigkeit für weitere Aufgaben und ermüden schneller.

Schulische Leistungen

Sowohl akute als auch chronische Lärmbelastung wird mit einer Verschlechterung von schulischen Leistungen in Verbindung gebracht, insbesondere im sprachlichen Bereich und bei Aufgaben, die ein hohes Maß an kognitiver Leistung, Aufmerksamkeit und analytischem Denken erfordern. Die Lernfortschritte Grundschülern scheinen stärker durch Lärm beeinträchtigt zu werden als die von älteren Kindern^[6]. Hier besteht sicherlich ein Zusammenhang mit der bereits dargestellten Entwicklung des Kurzzeitgedächtnisses und der Fähigkeit Sprache und Störlärm zu unterscheiden.

Im Gegensatz zu den unmit-Konsequenzen telbaren einer schlechten Akustik (Sprachverstehen. Gedächtnisleistungen) sind die Auswirkungen auf die schulischen Leistungen schwerer zu messen. Wenn beispielsweise die Lesekompetenz von Kindern in einer lauten Schule schlechter ausfällt als diejenige von Kindern in einer ruhigen Gegend, so muss dieser Unterschied nicht unbedingt auf die Akustik zurückzuführen sein, sondern ist möglicherweise durch den unterschiedlichen sozioökonomischen Status der Eltern zu erklären. Bei einer Reihe von Studien wurden diese Faktoren jedoch berücksichtigt oder konnten ausgeschlossen werden. In einer Schule, an der eine stark befahrene Bahnlinie vorbeiführte, erreichten die Kinder aus Klassenzimmern, die an der lauten Seite der Schule lagen, schlechtere Leseleistungen als gleichaltrige Kinder aus Klassenzimmern der lärmabgewandten Seite. Nach verschiedenen Lärmschutzmaßnahmen, die den Lärmpegel durch die Bahn um acht Dezibel verringerten, konnten keine Unterschiede mehr zwischen den Kindern festgestellt werden^[7].

Die Lehrer

Auch Lehrkräfte leiden unter schlechter Klassenraumakustik. 75 Prozent von über 1000 Befragten nannten Lärm als wesentliche Belastungsquelle^[8]. Das Unterrichten in halligen und damit auch lauten Räumen kann zu einer

erhöhten Stimmbelastung führen, in der Folge zu Erschöpfung und Stimmstörungen. Wer in überwiegend akustisch ungünstigen Klassenräumen unterrichtet, ist nachweislich häufiger krank^[9].

Gute Klassenraumakustik schaffen

Die Auswirkungen einer unzureichenden Klassenraumakustik auf Schüler und Lehrer sind also hinlänglich bekannt. Welche Anforderungen sind also an die Akustik von Klassenzimmern zu stellen? Auf der Grundlage von Untersuchungen zum Sprachverstehen von Kindern bei Störgeräuschen und Nachhall wurden Empfehlungen für den maximalen Hintergrundpegel, den damit verknüpften Signal-Rauschabstand sowie die maximale Nachhallzeit erarbeitet.





Die Weltgesundheitsorganisation WHO und andere Organisationen empfehlen einen Hintergrundgeräuschpegel (im leeren Klassenzimmer) von nicht mehr als 35 Dezibel. Typische gemessene Hintergrundpegel schwanken um etwa 45 Dezibel, wobei eine Akustikdecke den Störgeräuschpegel um einige Dezibel absenkt. In vollen Klassenzimmern ist der Störgeräuschpegel deutlich höher, selbst wenn niemand spricht. Typische Werte liegen bei etwa 55 Dezibel. Wenn durcheinander gesprochen wird (zum Beispiel bei Gruppenarbeiten), liegt der Geräuschpegel bei 70 Dezibel und mehr^[6].

Die Empfehlungen für den anzustrebenden SNR schwanken je nach Autor zwischen zwölf Dezibel für normal hörende und 25 Dezibel für schwerhörende Kinder - die Sprache sollte also bei hörbeeinträchtigten Kindern 25 Dezibel lauter sein als der Störlärm. Diese Werte werden in der Realität jedoch kaum erreicht - sie sind meist viel schlechter, sie liegen nämlich zwischen drei Dezibel SNR in Kindergärten und sieben Dezibel SNR an Hochschulen[10]. Andere Studien nennen noch schlechtere Werte. Diese Zahlen überraschen nicht, denn bei einem typischen Hintergrundpegel von 55 Dezibel und einem Nutzpegel von 60 Dezibel (Lehrerstimme in zwei Meter Entfernung) ergibt sich ein SNR von gerade einmal fünf Dezibel.

Auch bezüglich der Nachhallzeiten liegen Anspruch und Wirklichkeit oft weit auseinander. In Deutschland steht zur raumakustischen Planung seit Mai 2004 die überarbeitete Fassung der DIN 18041 »Hörsamkeit in kleinen bis mittelgroßen Räumen« zur Verfügung. Diese Norm gibt Soll-Nachhallzeiten für bestimmte Raumarten vor, darunter auch für Unterrichtsräume. Für typische Klassenräume liegt die empfohlene Nachhallzeit je nach Volumen zwischen 0,5 und 0,6 Sekunden. In der Praxis werden diese Werte vielfach nicht einmal ansatzweise erreicht. Nachhallzeiten von einer Sekunde und mehr sind keine Seltenheit, wie aus Reihenuntersuchungen hervorgeht[11]. Problematisch sind insbesondere Altbauten mit hohen Decken.

Verbesserung der Akustik in Schulen

Ohne besondere Maßnahmen, wie in der Regel eine Akustikdecke, sind die Anforderungen der Norm an die Nachhallzeit praktisch nicht einzuhalten. Sie sollte bei der Planung oder Sanierung von Schulräumen grundsätzlich vorgesehen werden. In der Regel ist dafür keine aufwendige raumakustische Planung nötig. Es ist eine Vielzahl bewährter Schallabsorber verfügbar.

In Zeiten akuter Geldknappheit bei den Schulträgern lassen sich darüber hinaus auch mit relativ geringen Mitteln durch Elterninitiative provisorische, aber akustisch zufriedenstellende Lösungen erreichen[12]. Die Abbildung auf Seite 6 illustriert den Effekt einer solchen in Elterninitiative durchgeführten akustischen Sanierung einer Grundschulklasse. Durch das Aufkleben von 26 Quadratmetern Melaminharzschaumstoffplatten (fünf Zentimeter dick) an der Decke sowie die Montage eines acht Quadratmeter großen Plattenresonators (Bassfalle, kastenförmige Konstruktion, die mit Abstand zur

Wand angebracht wird) auf der Rückwand des Klassenraums zur Dämpfung tiefer Frequenzen konnte die Nachhallzeit deutlich gesenkt werden und entspricht nun den Anforderungen der DIN 18041.

Neben der rein physikalisch begründeten Absenkung des Lärmpegels spielt ein psychologischer Effekt eine zusätzliche Rolle: In einer gedämpften Umgebung verhalten sich Menschen oftmals auch ruhiger und sprechen leiser. Gerade in Gruppenarbeitsphasen kann es so zu einer Absenkung des Lärmpegels von über zehn Dezibel kommen, was deutlich über der physikalisch berechneten Absenkung liegt.

Eine sinnvolle Ergänzung zu raumakustischen Maßnahmen zur Verbesserung des Sprachverstehens in Klassenzimmern können Beschallungssysteme sein. Dadurch können deutlich vorteilhaftere Signal-Rauschabstände erreicht werden, ohne den Gesamtpegel zu erhöhen^[13]. In Seminarräumen für erwachsene Zuhörer gehören solche Beschallungssysteme seit langem zur Standardausstattung. In Klassenzimmern werden sie hierzulande erst selten eingesetzt – dies im Gegensatz zu den USA oder Großbritannien, wo sie auch in vielen Schulen zum Einsatz kommen.

Professor Dr. Jürgen Tchorz

Literatur

- [1] Shield B und Dockrell JE (2004) External and internal noise surveys of London primary schools. J Acoust Soc Am., 115 (2): 730–8
- [2] Niskar AS et al. (1998) Prevalence of hearing loss among children 6 to 19 years of age. Journal of American Medical Association, 279 (14): 1071–1075
- [3] Statistisches Bundesamt
- [4] Klatte M et al. (2002) Zum Einfluß der Sprachverständlichkeit auf kognitive

- Leistungen: eine Studie mit Grundschulkindern. Jahrestagung Deutsche Gesellschaft für Akustik
- [5] Howard CS, Munro K und Plack CJ (2010) Listening effort at signal-to-noise ratios that are typical of the school classroom. International Journal of Audiology, 49: 928–932
- [6] Shield B und Dockrell JE (2003) The effects of noise on children at school: A review. Journal of Building Acoustics 10: 97–106
- [7] Bronzaft AL (1981) The effect of a noise abatement program on reading ability. Journal of Environmental Psychology, 1: 215–222
- [8] Schönwälder HG et al. (2003) Belastung und Beanspruchung von Lehrerinnen und Lehrern, Schriftenreihe der BAuA, Fb 989, NW-Verlag, Bremerhaven
- [9] Mac Kenzie DJ und Airey S (1999) Classroom acoustics. A research project. Herriot-Watt-University Edinburgh, Department of Building Engineering and Surveying
- [10] Picard M und Bradley JS (2001) Revisiting speech interference in classrooms. Audiology, 40: 221–224
- [11] Tchorz J und Gigla B (2011) Nachhall in Klassenzimmern – Erste Ergebnisse einer Reihenuntersuchung. Hörakustik 6/2011, 8–10
- [12] www.fluesterndesklassenzimmer.de
- [13] Krieger F und Tchorz J (2011) Hilfe für Lehrkräfte und Schüler: Studie zum Praxisnutzen von Soundfield-Systemen. Hörakustik 9/2011, 12–14

Ihr Kincl soll neugierig und fröhlich in einer spannenden Welt voller Klänge aufwachsen.

Kinder Hörzentren München Augsburg Ingolstadt Nürnberg Bamberg Karlsruhe

