

Akustik in Schulen: Könnt ihr denn nicht zuhören?!

Von Maria Klatte, Markus Meis, Christian Nocke und August Schick

Trotz der offenkundigen Bedeutung einer "guten Akustik" für erfolgreiches schulisches Lernen spielt dieser Aspekt beim Schulbau oft nur eine untergeordnete Rolle. Unterrichtsräume weisen daher häufig erhebliche raumakustische Mängel auf: Sie sind zu hallig, die Sprachverständlichkeit ist unzureichend, die Grundgeräuschpegel sind zu hoch. Eine Arbeitsgruppe im Institut zur Erforschung von Mensch-Umwelt-Beziehungen beschäftigt sich seit einiger Zeit mit den akustischen Bedingungen in Schulen und deren Auswirkungen auf Befinden, Gesundheit und Leistungsfähigkeit von SchülerInnen und Lehrkräften. Ein weiteres Thema ist die Evaluation baulicher und elektroakustischer Maßnahmen zur Verbesserung der Akustik in Klassenräumen. Durch diese Arbeiten soll die Bedeutung guter Hörbedingungen in Schulen dokumentiert und eine realistische Kosten-Nutzen-Abschätzung hinsichtlich der Verbesserungsmaßnahmen ermöglicht werden.

Despite the evident significance of "good acoustics" for successful learning in the classroom, room acoustical criteria often play only a subordinate role when building schools. Therefore, classrooms often evidence substantial room acoustical deficits: They are too reverberant, speech intelligibility is too low, and background noise levels are too high. For some time, a research group at the Institute for Research into Man-Environment-Relations has been occupied with acoustic conditions in schools and their effects on the well-being, health, and mental performance of students and teachers. In addition, constructional and electroacoustic measures to improve classroom acoustics are being evaluated. In this work, the significance of good hearing conditions in schools is documented and a realistic cost-benefit analysis regarding the room acoustical improvements is allowed.



Grundschulkindern in einem Experiment zum Einfluss der Sprachverständlichkeit auf kognitive Leistungen.

Trotz Internet und multimedialer Lernformen basiert schulisches Lernen nach wie vor maßgeblich auf mündlicher Kommunikation, d.h auf dem "Miteinander Reden" und dem "Einander Zuhören". Schule sollte daher ein Umfeld darstellen, welches das kommunikative Verhalten und damit das Lernen fördert. Zu den vielfältigen hier bedeutsamen Faktoren gehören auch die raumakustischen Bedingungen, unter denen Unterricht stattfindet. Folgerichtig hat das Thema "Klassenraumakustik" in den letzten Jahren international sehr an Bedeutung gewonnen (s.a. www.classroomacoustics.com). Allerdings findet man im deutschsprachigen Raum kaum neuere Untersuchungen über die akustischen Bedingungen in Schulen und ihre Auswirkungen auf SchülerInnen und Lehrkräfte. Auch spielen raumakustische Kriterien bei der Planung und Sanierung von Schulbauten häufig nur eine untergeordnete Rolle. Das Wissen um die Optimierung der Akustik in Unterrichtsräumen und deren bauliche Umsetzung ist in Fachkreisen lange bekannt, jedoch werden die akustischen Bedingungen in Klassenräumen von den für den Schulbau verantwortlichen Stellen offenbar als unwesentlich betrachtet. Diese Haltung steht im Widerspruch zu einer Fülle von Erkenntnissen aus der Schallwirkungsforschung be-

züglich der negativen Einflüsse von Lärm auf Befinden, Gesundheit und mentale Leistungsfähigkeit der betroffenen Menschen. Aufgrund dieser unbefriedigenden Situation wurde von Professor August Schick am Institut zur Erforschung von Mensch-Umwelt-Beziehungen eine Forschungsgruppe zum Thema "Hören in Schulen" gegründet. Ihr Ziel besteht darin, die akustischen Bedingungen in Schulen und ihre Wirkungen auf die dort Lernenden und Lehrenden zu dokumentieren und langfristig einen angemessenen Stellenwert raumakustischer Maßnahmen im Schulbau zu erreichen. In interdisziplinärer Zusammenarbeit von PsychologInnen, PädagogInnen und RaumakustikerInnen werden akustische Messungen und Befragungen von SchülerInnen und Lehrkräften durchgeführt. Weiterhin wird untersucht, ob bzw. inwieweit sich ungünstige raumakustische Bedingungen auf kognitive Leistungen von Kindern auswirken. Auch die Evaluation von baulichen und/oder elektroakustischen Maßnahmen zur Verbesserung der Raumakustik ist ein wesentlicher Aspekt unserer Forschungsarbeit. Ein Nachweis der Effizienz solcher Maßnahmen ist notwendig, um den Entscheidungsträgern eine realistische Kosten-Nutzen-Abschätzung zu ermöglichen.

Gehörschutz wäre angebracht

Die wichtigste Kenngröße der Raumakustik ist die Nachhallzeit, die ein Maß für die "Halligkeit" eines Raums darstellt. Sie gibt die Zeitdauer (in Sekunden) an, wie lange ein Schallereignis "nachklingt"; dies hängt ab von der Größe und der Geometrie des Raumes sowie von den akustischen Eigenschaften der Raumbegrenzungsflächen und Einrichtungsgegenstände. Herrscht in einem Raum eine zu lange Nachhallzeit, so werden beim Sprechen nachfolgende Silben durch den zu langen Abklingvorgang der vorhergehenden verdeckt. Es kommt zu Verzerrungen des Sprachsignals, die die Sprachverständlichkeit verschlechtern. Dies gilt besonders für die weiter vom Sprecher entfernten Hörer, weil das bei ihnen ankommende Signal viele Raumreflexionen enthält. Zudem bleiben bei zu langer Nachhallzeit unerwünschte Geräusche (Stühlerücken, Füßescharren, Husten, Blättern, Klappern mit Stiften) zu lange im Raum. Die Folge: Der Lärmpegel steigt.

Der DIN 18041 "Hörsamkeit in kleinen bis mittelgroßen Räumen" zufolge sollte die Nachhallzeit in einem durchschnittlich großen Unterrichtsraum etwa 0,7 s betragen. Vorliegende Messungen zeigen jedoch, dass dieser Wert in vielen Schulräumen deutlich überschritten wird. Insbesondere im Bereich der tiefen Frequenzen sind die Nachhallzeiten oft erheblich zu lang. Besondere Probleme bestehen in Turnhallen, Lehrküchen und anderen Funktionsräumen. Gerade Räume, in denen es durch die dort stattfindenden Aktivitäten zwangsläufig laut zugeht, sollten raumakustisch so gestaltet sein, dass der Lärm in erträglichen Grenzen gehalten wird. Tatsächlich sind die akustischen Bedingungen jedoch oft dermaßen schlecht, dass sprachliche Kommunikation - wenn überhaupt - nur durch lautes Schreien möglich ist. Sportlehrer sind nicht selten Pegeln zwischen 90 und 100 dB(A) ausgesetzt. An industriellen Arbeitsplätzen ist unter solchen Bedingungen das Tragen von Gehörschutz vorgeschrieben. Diese gravierenden Mängel sind keineswegs nur in alten Schulbauten anzutreffen, auch neue oder sanierte Gebäude sind betroffen.

Festzuhalten ist: Überlange Nachhallzeiten führen zu einer schlechten Sprachverständlichkeit und bewirken eine Erhöhung des in einem Klassenraum herrschenden Grundgeräuschpegels. Entsprechend zeigen Pegelmessungen über ganze Unterrichtsstunden in Grundschulen oftmals Mittelungspegel zwischen 70 und 77 dB(A). Dies sind Belastungswerte, bei denen entspanntes Lernen, Lehren und Kommunizieren unmöglich wird und Beeinträchtigungen der mentalen Leistungsfähigkeit zu er-

warten sind. Zum Vergleich: In der Arbeitsstättenverordnung wird als Grenzwert für Arbeitsplätze mit vorwiegend geistigen Tätigkeiten ein Mittelungspegel von 55 dB(A) festgelegt. Für Tätigkeiten, bei denen die sprachliche Kommunikation im Vordergrund steht, werden sogar Werte von 40 dB(A) gefordert.

Lärm verursacht Unlust, Ärger und Erschöpfung

Wir alle wissen aus eigener Erfahrung, dass Lärm ein wesentlicher Stressfaktor ist. Wie sehr dies auch in der Schule gilt, zeigen Befragungsuntersuchungen zur Arbeitsbelastung von Lehrerinnen und Lehrern. In einer Studie von Professor Hans-Georg Schönwälder vom Bremer Institut für interdisziplinäre Schulforschung (ISF) nannten 75 Prozent der über 1000 Befragten den Faktor Lärm als eine wesentliche Belastungsquelle. Weiterhin zeigte sich, dass die Fähigkeit zum Ertragen von Lärm mit zunehmendem Dienstalter erheblich abnimmt: Lehrkräfte, die schon länger im Beruf stehen, leiden besonders stark unter dem Lärm. Das Unterrichten in halligen und somit lauten Räumen bedeutet ständiges Reden mit erhobener Stimme, was auf Dauer sehr anstrengt. Der Unterrichtsfluss wird durch häufiges Wiederholen von Informationen und Ermahnungen der Kinder zur Ruhe unterbrochen. Hohe Lärmpegel erschweren die Konzentration auf den Unterrichtsverlauf. Unlust, Ärger, Erschöpfung sowie Hals- und Stimm lippenprobleme sind die Folge. Übereinstimmend hiermit zeigte sich in einer von der Heriot-Watt-Universität Edinburgh durchgeführten Studie zur Klassenraumakustik bei denjenigen Lehrkräften, die vorwiegend in raumakustisch ungünstigen Klassenräumen unterrichten, ein höherer Krankenstand als bei den KollegInnen, die in besseren Räumen tätig waren. Aus anderen Untersuchungen ist bekannt, dass sich ungünstige Hör-

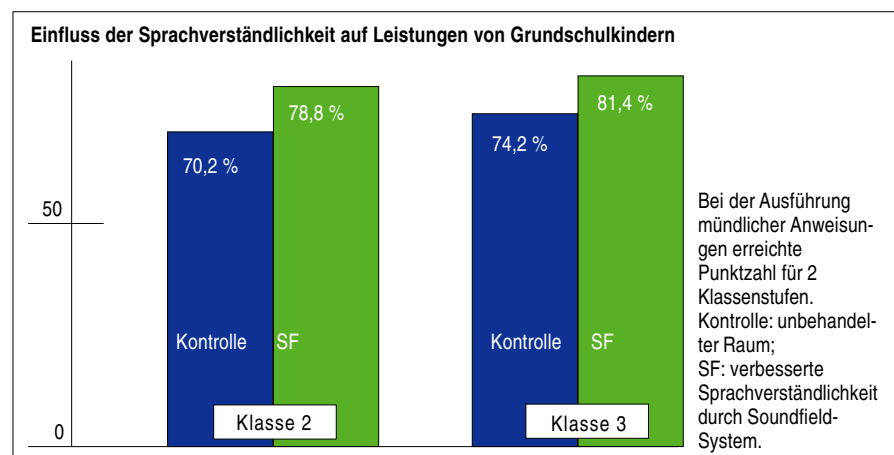
bedingungen in einem Raum auch auf die Qualität der dort stattfindenden Kommunikation auswirken: Die Mitteilungen werden kürzer und einfacher formuliert, es wird langsamer gesprochen, der Tonfall wird monotoner und insgesamt wird weniger mitgeteilt. Einem interessanten und motivierenden Unterricht ist dies nicht gerade zuträglich.

Schlechtere schulische Leistungen

Nach Bekanntwerden der ernüchternden Ergebnisse der PISA-Studie werden Möglichkeiten zur Verbesserung von Schule derzeit auf allen Ebenen heftigst diskutiert. In diesem Prozess sollten auch die dem Lernen förderlichen bzw. abträglichen *situativen Aspekte von Schule als Lern- und Lebensumwelt* kritisch analysiert werden.

Leistungsstörungen durch Lärm zeigen sich auf verschiedenen Stufen der Informationsverarbeitung: bei der Informationsaufnahme (Wahrnehmungs- und Aufmerksamkeitsprozesse) und bei der weitergehenden Informationsverarbeitung (Gedächtnis- und Entscheidungsprozesse). Wir beschränken uns im Folgenden auf Störungen von Wahrnehmungs- und Arbeitsgedächtnisprozessen.

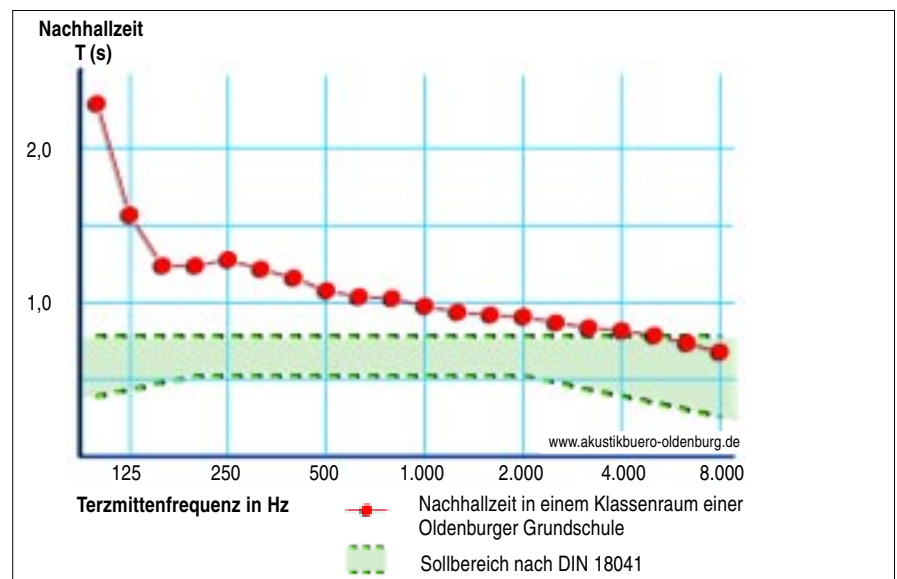
● *Auswirkungen der Raumakustik auf die Verarbeitung akustischer Information*
Ungünstige Hörbedingungen bewirken, dass sprachliche Informationen falsch oder gar nicht verstanden werden, d.h. die Wahrnehmung und Identifikation der Information misslingt. Außerdem wird das Zuhören anstrengender, die Kinder müssen mehr kognitive Kapazität aufwenden, um die Sprache zu dekodieren. Dies führt einerseits zu schneller Ermüdung, andererseits zu einer Verringerung der Ressourcen, die für das kurzzeitige Behalten und mentale Verarbeiten der gehörten Information zur Verfügung stehen. Diese Probleme betreffen besonders Kinder im Grundschulalter, bei denen die



Spracherwerbsphase noch nicht abgeschlossen ist, sowie Kinder mit nicht-deutscher Muttersprache. Auch gibt es eine wachsende Zahl von Kindern mit Hörstörungen. Diese reichen von vorübergehenden Schalleitungsschwerhörigkeiten als Folge von Mittelohrinfekten oder Allergien bis zu subtilen Störungen von zentralen auditiven Wahrnehmungsfunktionen, die zu großen Schwierigkeiten beim Zuhören in unruhiger Umgebung führen. All diese Kinder benötigen ein besonders großes Signal-Störgeräuschverhältnis, um dem Unterricht folgen zu können: Der Pegel der Sprecherstimme sollte um 10 bis 15 dB(A) über dem Störgeräuschpegel liegen. Solche Werte sind in unbehandelten Räumen kaum zu erreichen.

Der förderliche Einfluss optimaler Sprachverständlichkeit auf die Leistungen von Grundschulkindern trat in einer von uns durchgeführten Studie sehr deutlich zutage. Für diese Untersuchung wurden zunächst raumakustische Messdaten in mehreren Klassenräumen einer Oldenburger Grundschule erhoben. Einer der Klassenräume zeichnete sich durch eine subjektiv unangenehme Akustik aus; er war auch bei den Lehrkräften unbeliebt. Die Messungen in diesem Raum zeigten bei allen Frequenzen zu lange Nachhallzeiten sowie einen starken Anstieg der Nachhallzeiten bei tiefen Frequenzen. In diesem Raum wurde das für die Leistungstests notwendige Sprachmaterial mittels eines Kopfsystems zweimal aufgenommen: Einmal im unbehandelten Raum und einmal, nachdem der Raum mit einem sogenannten Soundfield-System (Sennheiser EMP 2015) ausgestattet worden war. Durch dieses elektroakustische System wird die Lehrstimme leicht verstärkt und über mehrere im Klassenraum verteilte Lautsprecher ausgegeben. Hierdurch erhält man an allen Schülerplätzen eine verbesserte Sprachverständlichkeit. Diese Aufnahmen wurden den Kindern später im Schall-Labor unseres Instituts über Kopfhörer dargeboten. Die speziellen Aufnahme- und Wiedergabetechniken ermöglichen dabei an jedem Arbeitsplatz im Labor eine exakte Rekonstruktion der Hörbedingungen im Klassenraum.

Die wichtigsten Ergebnisse: Bei einem einfachen Sprachverständlichkeitstest (angelehnt an den vom Hörzentrum Oldenburg herausgegebenen Oldenburger Kinder-Reimtest "OIKi") machten die Kinder in beiden Hörbedingungen kaum Fehler. Die Identifikation der Sprachlaute schien also auch in der akustisch ungünstigen Situation noch recht gut zu gelingen. Große und statistisch bedeutsame Unterschiede zwischen den Bedingungen zeigten sich hingegen bei komplexeren Testaufgaben, die nicht nur die Identifikation, sondern auch



das kurzzeitige Speichern und Verarbeiten der Informationen beinhaltet (im Schulunterricht die normale Anforderungssituation). Sowohl beim Behalten gehörter Ziffernfolgen als auch beim Ausführen komplexer mündlicher Anweisungen (angelehnt an "Knuspels Leseaufgaben", ein Lesetest für Grundschulkindern) erbrachten die Kinder wesentlich bessere Leistungen, wenn das unter optimalen Sprachverständlichkeitsbedingungen aufgenommene Material dargeboten wurde. Zur Beurteilung der akustischen Güte eines Unterrichtsraumes reicht es also offensichtlich nicht aus, die hinten sitzenden Personen zu fragen, wie gut sie die Sprache verstehen.

● Auswirkungen von Lärm auf die Verarbeitung visuell präsentierter Information: Grundlagen und Anwendung auf den schulischen Bereich

Die eben berichteten Leistungsunterschiede zwischen den experimentellen Bedingungen können unmittelbar auf die im unbehandelten Klassenraum herrschende unzureichende Sprachverständlichkeit zurückgeführt werden. Es gibt jedoch auch Auswirkungen von ungünstigen akustischen Bedingungen auf das Verarbeiten nicht-auditiv dargebotener Informationen. So zeigte sich in vielen Experimenten, dass das Behalten von visuell präsentem Material (Wörter, Ziffern, Konsonanten o.ä.) im phonologischen Arbeitsgedächtnis beeinträchtigt wird, wenn den Versuchspersonen während der Aufgabenbearbeitung ein Hintergrundschall präsentiert wird. (Das Arbeitsgedächtnis ermöglicht es, Informationen für kurze Zeit zu speichern und für aktuell ablaufende Verarbeitungsprozesse verfügbar zu halten. Die für das Bereithalten sprachlicher Informationen zuständige

Komponente wird als "phonologisches Arbeitsgedächtnis" bezeichnet.) Die Versuchspersonen werden dabei angewiesen, den Schall zu ignorieren und sich ganz auf die Gedächtnisaufgabe zu konzentrieren. Dieser Effekt bildet schon seit langem ein zentrales Forschungsthema an unserem Institut. Hierbei geht es einerseits darum, die Stärke der Störung in Abhängigkeit von Charakteristika der Aufgabe und des Hintergrundschalles zu analysieren und ihre Implikationen für die Modellierung von Arbeitsgedächtnisprozessen herauszuarbeiten. Dies geschieht durch labor-experimentelle Studien mit erwachsenen Probanden. Weiterhin ergeben sich aus diesen Untersuchungen begründete Annahmen über die Auswirkungen von Lärm in komplexeren, natürlichen Anforderungssituationen wie dem Lernen in einer Schulklasse. Diese werden im Rahmen des Projekts zur Klassenraumakustik überprüft und in Vorschläge zur Gestaltung einer dem Lernen förderlichen akustischen Umwelt umgesetzt.

Subjektive Einschätzungen und objektive Befunde

Unsere laborexperimentellen Untersuchungen ergaben, dass eine Störung der Gedächtnisleistung nur durch unregelmäßige Hintergrundschnalle wie Sprache oder Musik hervorgerufen wird, jedoch nicht durch kontinuierliche Schalle wie etwa breitbandiges Rauschen oder das Geräusch einer Autobahn. Bei zunehmender "Verrauschung" eines sprachlichen Hintergrundschalles, z.B. durch das Hinzu-fügen von Breitbandrauschen oder durch Überlagerung mehrerer Sprecherstimmen, nimmt die Störwirkung kontinuierlich ab.

Bei der Musik fanden wir deutliche Wirkungsunterschiede zwischen Musikstücken, in denen lange Stakkato-Ketten (Folgen von kurzen, voneinander abgesetzten Tönen) dominieren, und Stücken, in denen die Töne aneinandergelagert werden (Legato). Die Stakkato-Musik bewirkt signifikant stärkere Leistungsbeeinträchtigungen als die Legato-Musik. Dieser Unterschied zeigt sich selbst dann, wenn ein und dasselbe Musikstück vom gleichen Instrument auf unterschiedliche Weise (Stakkato bzw. Legato) vorgetragen wird. Entgegen der naheliegenden Vermutung kommen diese Störeffekte nicht dadurch zustande, dass die Versuchspersonen von der Aufgabe "abgelenkt" werden, d.h. ihre Aufmerksamkeit von der Aufgabe abziehen und auf den Hintergrundschaall richten. Wenn dies so wäre, dann sollte beispielsweise ein für die Versuchspersonen verständliches Hintergrundsprechen stärker stören als eine völlig unbekannte Fremdsprache. Aus vielen Experimenten unserer und anderer Gruppen geht jedoch eindeutig hervor, dass die Verständlichkeit keinen Einfluss auf die Stärke des Störeffekts hat. Weiterhin wissen wir, dass sich die Versuchspersonen nicht an den Hintergrundschaall gewöhnen: Auch wenn sie wiederholt über längere Zeit dem Hintergrundschaall ausgesetzt werden, bleibt der Störeffekt unverändert stark bestehen. Ein weiteres Argument gegen die Annahme, dass die Störung auf Aufmerksamkeitsablenkungen beruht, bilden Experimente, in denen wir die Störwirkung von unverständlichem Hintergrundsprechen auf verschiedene Aufgabenarten verglichen. Während die Behaltensleistung für sprachliches Material in erwartetem Ausmaß abfiel, zeigte sich bei einer vergleichbaren nichtsprachlichen Aufgabe keine Leistungsverschlechterung.

Der Effekt wird daher als Hinweis auf eine direkte Verbindung zwischen auditiver Wahrnehmung und dem phonologischen Arbeitsgedächtnis angesehen. Der Hintergrundschaall scheint automatisch in dieses System zu gelangen und mit den dort ablaufenden Prozessen zu interferieren. Dieser Vorgang unterliegt nicht der bewussten Kontrolle, er wird meist auch gar nicht bemerkt. So zeigte sich in unseren Experimenten oft eine erstaunliche Diskrepanz zwischen der subjektiven Einschätzung der Störung durch die Versuchsperson selbst und ihren Leistungsergebnissen: Trotz offenkundiger Leistungsverschlechterung unter dem Hintergrundschaall wird häufig angegeben, der Schall hätte kaum oder gar nicht gestört.

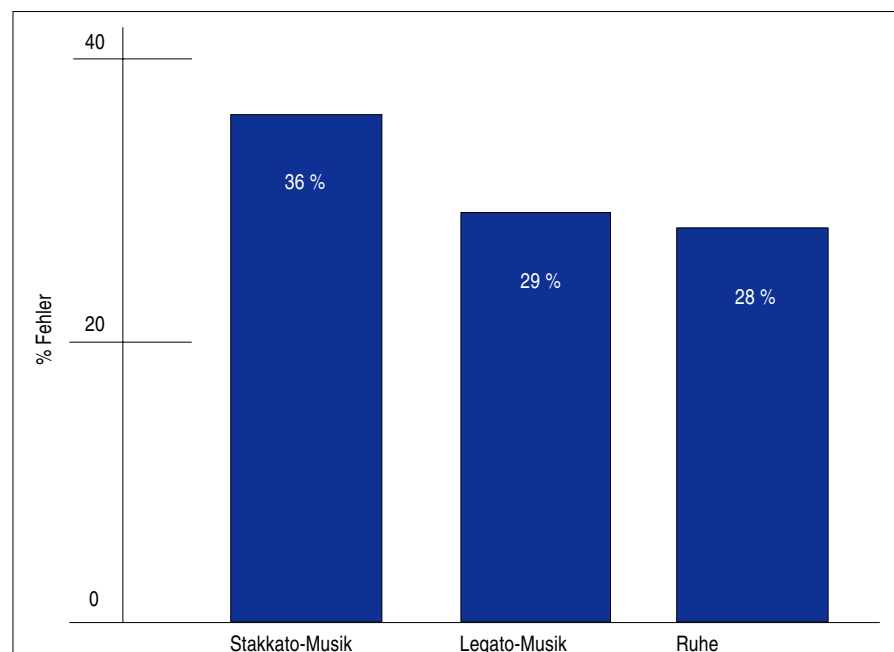
Diese Befunde sind für das Thema "Lärm in Schulen" von besonderem Interesse, da das phonologische Arbeitsgedächtnis beim Laut- und Schriftspracherwerb eine maß-

gebliche Rolle spielt. So zeigen Längsschnittstudien, dass die Erfassung der Arbeitsgedächtniskapazität bei Kindergartenkindern eine Vorhersage der sprachlichen Kompetenz in der Grundschule ermöglicht. Auch gehen Lese-/Rechtschreibschwierigkeiten meist mit Defiziten im phonologischen Arbeitsgedächtnis einher. Es muss also vermutet werden, dass das Sprechen-, Lesen- und Schreibenlernen durch eine zu "lärmige" Umwelt erschwert wird. Diese Annahme bestätigte sich in einem Experiment, in dem wir die Leistungen von Grundschulkindern bei einer Rätselaufgabe untersuchten. Diese Aufgabe erfordert das Erkennen, kurzzeitige Behalten und Ersetzen von Lautbestandteilen bildlich dargestellter Testwörter. Sie erfasst Teilleistungen, die als wesentliche Voraussetzungen erfolgreichen Schriftspracherwerbs gelten. Die Aufgabe wurde in einer Versuchsbedingung unter Ruhe bearbeitet, in der anderen Bedingung wurde ein Hintergrundschaall eingespielt, das während einer Freiarbeitsphase am Gruppentisch eines Grundschulklassenraums aufgenommen worden war. Die Kinder zeigten in der letztgenannten Bedingung signifikant schlechtere Leistungen. Bei Aufgaben, die das phonologische Arbeitsgedächtnis erheblich be-

anspruchnen, sollte daher besonders auf eine ruhige Lernumgebung geachtet werden (dies gilt natürlich auch für die Hausaufgaben!). Hierzu gehören neben den Lese- und Rechtschreibübungen im Anfangsunterricht auch das verstehende Lesen schwieriger Texte durch geübte Leser, das Auswendiglernen, das Kopfrechnen und das Lernen von Vokabeln.

Kleine und große Maßnahmen zur Lärmreduzierung

Schlussfolgerung der Forschungsergebnisse kann und soll nicht die Einforderung absoluter Ruhe und Disziplin in den Schulklassen sein. Die Veränderung der Unterrichtsformen hin zu offenem Unterricht mit Förderung des selbstbestimmten Lernens und der Freiarbeit ist ein wichtiger Prozess; er geht jedoch zwangsläufig mit einem Anstieg des Lärmpegels in den Klassen einher. Gerade aus diesem Grund erscheint es uns dringend notwendig, die Klassenräume so zu gestalten, dass potenzielle negative Begleiteffekte dieser so positiven unterrichtspädagogischen Entwicklung verhindert oder zumindest minimiert werden. Dies kann in Einzelfällen schon durch einfache Maßnahmen erreicht



Wirkungen von Hintergrundmusik (hier: Trompetenkonzerte des Barock) auf die Leistung beim Behalten von visuell dargebotener Information im Arbeitsgedächtnis. Stakkato-Musikstücke bewirken signifikante Leistungsbeeinträchtigungen. Stücke in Legato-Spieltechnik beeinflussen die Leistung dagegen nicht. (Die Untersuchungen zur Schallwirkung auf das Arbeitsgedächtnis laufen in enger Kooperation mit Prof. Dr. Jürgen Hellbrück und Dipl.-Psych. Sabine Schlittmeier von der Katholischen Universität Eichstätt, Umwelt- und Gesundheitspsychologie. Die hier gezeigten Daten wurden im Rahmen eines gemeinsamen DFG-Projekts von Sabine Schlittmeier erhoben.)

werden. Hierzu gehören z.B. die Erneuerung der Filzunterlagen unter Stühlen und Tischen, die Überprüfung des Mobiliars auf z.B. quietschende Schubläden und klappernde Schreibtischunterlagen und das Anbringen von schweren Vorhängen, großflächigen Korkpinnwänden und Wandteppichen. In vielen Fällen ist aber eine raumakustische Sanierung durch die Installation von schallabsorbierenden Wand- und/oder Deckenverkleidungen erforderlich. Solche Verkleidungen bewirken eine Reduzierung der Nachhallzeit. Eine bessere Sprachverständlichkeit und eine Verringerung der Grundgeräuschpegel sind die sofort spürbaren Effekte. Je nach Material und Ausführung liegen die Kosten zwischen 25 und 100 € pro m². Raumakustiker können dabei genau vorhersagen, wie sich die akustischen Eigenschaften eines Raums in Abhängigkeit von Typ, Fläche und Verteilung der Absorber verändern - hier bleibt also nichts dem Zufall überlassen. Eine andere Möglichkeit bietet die Installation des bereits erwähnten Soundfield-Systems. Die Effektivität solcher Maßnahmen ist zwar hinsichtlich physikalisch messbarer Daten (Nachhallzeit, Parameter der Sprachverständlichkeit) gut dokumentiert, es stellt sich jedoch die Frage, wie sie von den Betroffenen angenommen, wahrgenommen und bewertet werden. Führen objektiv messbare raumakustische Veränderungen auch zu Veränderungen auf der Ebene des Befindens der in den Räumen agierenden Personen, z.B. hinsichtlich ihrer Einschätzung der Hörsamkeit des Raumes, ihrer erlebten Stressbelastung und deren psychophysiologischen Korrelaten? In Kooperation mit dem Lehrstuhl für Grundschulpädagogik der Universität München, dem Akustikbüro Oldenburg sowie - im Rahmen eines Auftrags der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin BAuA - dem Bremer ISF untersuchen wir derzeit solche Fragen. Durch die Erhebung entsprechender Daten vor und nach raumakustischen Interventionsmaßnahmen (Absorberdecke- und/oder Soundfield-Installation) werden deren Auswirkungen im zeitlichen Verlauf analysiert und ihr Zusammenhang zu den raumakustischen Parametern quantifiziert. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen ermöglichen fundierte Aussagen darüber, unter welchen Bedingungen welche Maßnahmen zur akustischen Gestaltung der Lernumwelt angezeigt und effizient sind.

Bewertung durch das "Oldenburger Hörsamkeitsinventar"

Ein weiterer Aspekt unserer Forschungstätigkeiten besteht in der Konstruktion und schrittweisen Optimierung eines

Messinstrumentes zur Erhebung der subjektiven Bewertung akustischer Gegebenheiten in Schulräumen. Das "Oldenburger Hörsamkeitsinventar" soll es ermöglichen, eine zuverlässige Einschätzung der akustischen Güte von Unterrichtsräumen auf der Basis von Beurteilungen durch die in den Räumen lernenden und lehrenden Personen zu gewinnen. Auf der Grundlage eines solchen Screenings kann dann entschieden werden, ob bzw. in welchen Räumen kostenintensivere Maßnahmen im Sinne raumakustischer Messungen und Sanierungen angezeigt sind. Weiterhin kann das Inventar auch bei der Planung und Evaluation von raumakustischen Verbesserungsmaßnahmen eingesetzt werden.

Für die Entwicklung dieses Instrumentariums werden Simulationsprogramme eingesetzt, mit deren Hilfe die Raumakustik virtueller, im Computer modellierter Räume berechnet und anschließend hörbar gemacht werden kann. Bei der Planung von Konzertsälen oder anderen Räumen mit hohen Ansprüchen an die Raumakustik wird diese Technik der "Auralisation" bereits vermehrt eingesetzt. Mit ihrer Hilfe können unterschiedliche Hörgegebenheiten ohne großen Aufwand nachgebildet und optimiert werden. Auch der Vergleich verschiedener Räume ist schnell möglich. Für virtuelle Klassenräume bedeutet dies, dass die raumakustischen Parameter der Sprachverständlichkeit für jeden einzelnen Hörer bzw. Schülerplatz genau bekannt sind. Auch können die Berechnungen für verschiedene Sprecherpositionen im Raum durchgeführt werden. Die messtechnische Erfassung dieser Größen an jedem einzelnen Schülerplatz ist in realen Räumen nur mit erheblichem Aufwand möglich. Die Computersimulation gestattet somit wesentlich umfangreichere Untersuchungen unter klar definierten akustischen Bedingungen. Für die Entwicklung des Hörsamkeitsinventars werden den Versuchspersonen Hörbeispiele aus verschiedenen, vom Akustikbüro Oldenburg konstruierten virtuellen Räumen zur Beurteilung dargeboten, um Aufschluss über relevante Beurteilungsdimensionen und deren Relationen zu den raumakustischen Parametern zu gewinnen.

Interessierte Leser sind herzlich eingeladen, sich einen lebendigen Eindruck von den Versuchsreihen zu den virtuellen Klassenräumen zu machen, indem sie an unseren Laborexperimenten teilnehmen. Unser studentischer Mitarbeiter Dirk Heydinger würde sich über Ihren Anruf freuen und gleich einen Termin mit Ihnen vereinbaren. Kontakt: heydinger@psychologie.uni-oldenburg.de, Tel.: 0441/798-5523 (Sekt. 8-12 Uhr).

Die Autoren



Dr. Maria Klatté (oben 2.v.r.) studierte Psychologie in Bielefeld und Oldenburg. Nach ihrer Promotion 1996 an der Universität Oldenburg war sie zunächst im Graduiertenkolleg "Psychoakustik" tätig, seit 1997 ist sie wiss. Mitarbeiterin im Institut zur Erforschung von Mensch-Umwelt-Beziehungen. Forschungsschwerpunkte: Arbeitsgedächtnis, Schallwirkungsforschung, insbesondere Wirkungen von Lärm auf mentale Leistungen von Kindern und Erwachsenen, Bedeutung von auditiver Wahrnehmung und Kurzzeitgedächtnis beim Schriftspracherwerb.

Dr. Markus Meis (o.l.) studierte Psychologie in Trier, 1998 promovierte er an der Universität München. Seit 1997 ist er wiss. Angestellter im Institut zur Erforschung von Mensch-Umwelt-Beziehungen der Universität Oldenburg und seit 2002 auch Mitarbeiter des Hörzentrums. Forschungsschwerpunkte: Lärmwirkungsforschung, Medizinische Psychologie, Psychologische Akustik.

Dr. Christian Nocke (o.r.), Physikstudium in Marburg und Oldenburg, 1996 bis 1999 Mitarbeiter am Fraunhofer-Institut für Bauphysik in Stuttgart. 2000 Promotion in Oldenburg, anschließend Mitarbeiter im Fachbereich Physik (Akustik). 2001 Gründung des Akustikbüros Oldenburg gemeinsam mit Dr. Catja Hilge. Tätigkeiten: Messung, Planung, Beratung in den Bereichen Raumakustik, Bauakustik, Lärmschutz, Akustische Messtechnik, Entwicklung akustisch wirksamer Materialien.

Prof. Dr. August Schick (u., Mitte) studierte kath. Theologie und Psychologie in Tübingen, München und Münster, wo er 1969 in Psychologie promovierte. 1974 erhielt er einen Ruf an die Universität Oldenburg. Hier begründete zusammen mit Prof. Dr. Volker Mellert (Physik) den Forschungsschwerpunkt zu Schallwahrnehmung und Lärmwirkung und im Fach Psychologie das Institut zur Erforschung von Mensch-Umwelt-Beziehungen. 1987 und 1994 erhielt er den Japanisch-deutschen Forschungspreis für seine herausragenden Leistungen auf dem Gebiet der Psychoakustik. Schick ist u.a. Mitglied des Graduiertenkollegs "Psychoakustik" sowie des Externen Beirats des Oldenburger Kompetenzzentrums HörTec.

Weiter auf dem Bild sind die InstitutsmitarbeiterInnen Marta Salgado Martin (o.2.v.l.), Dirk Heydinger (u.l., Diplomand) und Dr. Catja Hilge (u.r., Akustikbüro Oldenburg).