Initiative Neue Qualität der Arbeit

inqa.de

Lärm in Bildungsstätten

Strahlungsarmer Monitor? Mobbing? Geräuschemissionen? Umgang mit Gefahrstoffen? Stress? Arbeitszeitmodelle? Sie haben eine Frage zu Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit?

Fragen Sie uns! In unseren Wissensspeichern findet sich garantiert die Antwort. Und falls nicht, fragen wir für Sie einen unserer 200 Experten im Haus. Wir sind für Sie da – kompetent, schnell, zuverlässig!

Service-Telefon **01 80.321 4 321**
Montag bis Freitag von 8.00 – 16.30 Uhr (0,09 €/Minute aus dem nationalen Festnetz der Deutschen Telekom AG)

Fax **01 80.321 8 321**
(0,09 €/Minute aus dem nationalen Festnetz der Deutschen Telekom AG)

E-Mail **info-zentrum@baua.bund.de**

Internet **www.baua.de**

baua:
Bundesanstalt für Arbeitsschutz
und Arbeitsmedizin

Initiative Neue Qualität der Arbeit

inqa.de

Lärm in Bildungsstätten

Dr. Gerhart Tiesler
Dr. Markus Oberdörster

Inhalt

3 **0** Vorbemerkung
4 **1** Lärm als Belastungsfaktor für Lehren und Lernen
6 **2** Wo kommt Lärm in der Schule eigentlich her?
8 **3** Unterricht gestern und heute – Schullärm im Spiegel pädagogischer Trends
10 **4** Die physikalischen Besonderheiten von ›Lärm‹ in der Schule
12 **5** Eine kinder- und lernfreundliche ›Hörumwelt Schule‹
14 **6** Kurze Nachhallzeiten für ausgezeichnete Sprachverständlichkeit – die wichtigsten raumakustischen Parameter im Klassenzimmer
16 **7** ›Akustische Ergonomie der Schule‹ – Das Zusammenspiel von raumakustischen Faktoren, pädagogischem Konzept und Lehrergesundheit
20 **8** Maßnahmen zur akustisch-ergonomischen Klassenraumgestaltung
23 **9** Konsequenzen und Ausblick
24 **10** Weiterführende Literatur

0 Vorbemerkung

»Gemeinsam handeln, jeder in seiner Verantwortung« – dieser Grundsatz von INQA hat sich in der Praxis bewährt. Unter dem Dach der Initiative haben sich mit den Thematischen Initiativkreisen (TIK) spezialisierte Arbeitsgruppen gebildet. Die TIK erarbeiten zielführende Aktivitäten zu einzelnen Schwerpunktthemen und setzen sie in Eigenregie um. Das gewonnene Wissen dient dem Transfer in die betriebliche Praxis. Ob als Unternehmer, Arbeitnehmervertreter oder Gesundheitsexperte – jeder INQA-Initiativkreis ist offen für Menschen, die etwas bewegen wollen.

Diese Broschüre gibt eine Einführung in das Problemfeld der ›akustischen Ergonomie in Bildungsstätten‹ und stellt den aktuellen Kenntnisstand, die anvisierten Ziele und bereits existierende Ansätze aus der Praxis vor. Eine besondere Grundlage für die Arbeit des TIK bilden dabei die Forschungsberichte ›Belastung und Beanspruchung von Lehrerinnen und Lehrern‹ (Fb 989), ›Lärm in Bildungsstätten – Ursachen und Minderung‹ (Fb 1030) und ›Akustische Ergonomie der Schule‹ (Fb 1071) aus der Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin.

Was sind Bildungsstätten?

Die vorliegende Broschüre beschreibt die akustisch-ergonomischen Rahmenbedingungen von Bildungsstätten vor allem am Beispiel des Schulunterrichts. Dennoch lassen sich die vorgestellten Zusammenhängen auf viele andere Bildungseinrichtungen übertragen:

- **Kindergärten**
- **Schulen**
- **Hochschulen**
- **Räume der Erwachsenenbildung**
- **und viele mehr!**

1 Lärm als Belastungsfaktor für Lehren und Lernen

Anscheinend sind Schulen in den letzten Jahrzehnten immer mehr zu lauten Gebäuden geworden. Jedenfalls nehmen Klagen über ›Schullärm‹ seit einiger Zeit verstärkt zu. Diese Beschwerden über eine auffallend starke Geräuschbelastung des Unterrichts sind inzwischen auch wissenschaftlich untersucht. Gleich mehrere aktuelle Studien vor allem durch das Institut für Interdisziplinäre Schulforschung der Universität Bremen (ISF) beleuchteten in den vergangenen Jahren die möglichen Ursachen und Folgen dieses ›Schullärms‹.

So ergab bereits 1999 eine Befragung[1] von über 1200 Lehrerinnen und Lehrern zu Belastungsfaktoren an ihrem Arbeitsplatz ein sehr deutliches Bild. Auf die Frage nach dem ›Lärm, den Schülerinnen und Schüler machen‹ gaben mehr als 80 % der Befragten an, dass dieser Lärm sie belastet. Grund genug, diesem Phänomen genauer nachzugehen. So wurde von der BAuA im Jahre 2000 ein Forschungsprojekt zum Thema ›Lärm in Bildungsstätten‹ in Auftrag gegeben.[2] Beobachtungen in diesem Projekt zeigten mit einem durchschnittlich gemessenen Schallpegel im Unterricht von ca. 65 dB(A) (Median) denn auch durchaus Werte, bei denen Kommunikationsprozesse deutlich erschwert sind, in vielen Fällen gar unmöglich. Andererseits lagen die gemessenen Pegel – zumindest im Regelschulbetrieb – keineswegs in einer Größenordnung, bei der es zu dauerhaften Hörschäden kommen kann (> 80 dB(A)).

Zudem bestehen die gemessenen Schalldruckpegel im Klassenraum selbstverständlich nicht ausschließlich aus ›Lärm‹, da beispielsweise die Lehrerstimme und die gewollte Schülerstimme mit in die Messung einfließen. Das Gesamtgeräusch in der Schule entsteht also im Unterricht, neben dem Unterricht und durch den Unterricht! (Dennoch: Selbst wenn diese Pegel ausschließlich durch den Lehrer entstanden sein sollten, würde dies zumindest bedeuten, dass dieser die ganze Zeit hindurch mit deutlich erhöhter Sprechanstrengung hätte reden müssen).

1 Schönwälder, H.-G.; Berndt, J.; Ströver, F.; Tiesler, G.: Belastung und Beanspruchung von Lehrerinnen und Lehrern. Schriftenreihe der BAuA Fb 989, Dortmund, 2003

2 Schönwälder, H.-G.; Berndt, J.; Ströver, F.; Tiesler, G.: Lärm in Bildungsstätten – Ursachen und Minderung. Schriftenreihe der BAuA Fb 1030, Dortmund, 2004

In diesem Zusammenhang wurde in der jüngsten Arbeit am ISF[3] der Schulunterricht – ähnlich einem industriellen Arbeitsplatz – als Arbeitsprozess analysiert. Im Zusammenhang mit der konkreten pädagogischen Vorgehensweise der Lehrkraft standen in der Untersuchung vor allem die ergonomischen Rahmenbedingungen, unter denen der Unterricht stattfindet, im Mittelpunkt des Interesses. Die Frage nach einer ›Akustischen Ergonomie der Schule‹, verknüpft mit den aktuellen pädagogischen Trends, mag auf den ersten Blick überraschend erscheinen. Doch sie liefert erstaunliche Einblicke in das Phänomen ›Schullärm‹, seine Ursachen und Wirkungen und die relevanten raumakustischen Parameter wie Nachhallzeit und Sprachverständlichkeit. Heute ist klar: der pädagogische Prozess wird maßgeblich durch die Arbeitsbedingungen geprägt – sowohl positiv als auch negativ.

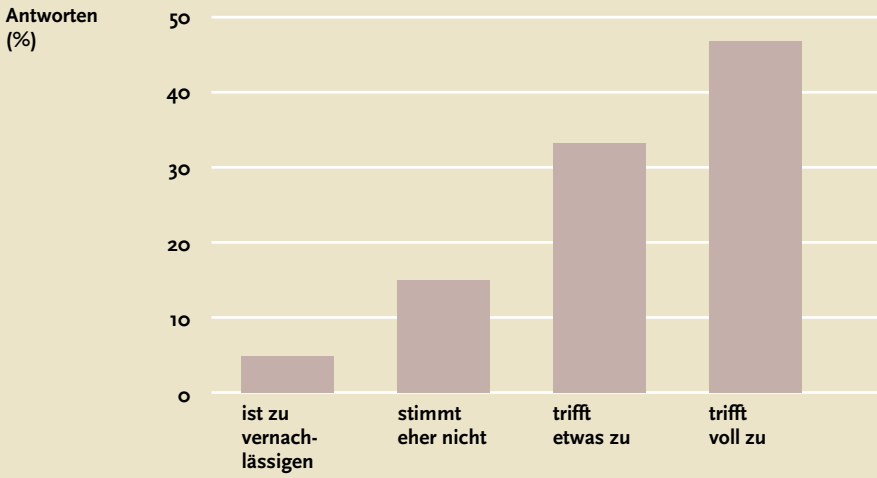
Das ist kaum verwunderlich. Kein Schulplaner käme auf die Idee einen Unterrichtsraum für 30° C Betriebstemperatur und ohne Tageslicht oder Frischluftzufuhr auszulegen. So ist es ein wesentliches Ziel der vorliegenden Broschüre, dieses Bewusstsein auch auf die akustischen Arbeitsbedingungen von Lehren und Schülern auszudehnen.

Was ist Schullärm?

Die Frage nach dem ›Schullärm‹ ist im Kontext Unterricht durchaus komplex. Wie wirkt sich der allgemeine Geräuschpegel im Unterricht beispielsweise auf die dort stattfindenden Kommunikationsprozesse aus? Wie lassen sich Störschall und Nutzschall bei einer wissenschaftlichen Analyse des Unterrichts unterscheiden? Welche Folgen haben Schallpegel und eine schlecht verständliche Kommunikation für Leistungsvermögen der Schülerinnen und Schüler bzw. für die Arbeitsbelastung der Lehrerinnen und Lehrer?

Und nicht zuletzt: Was meinen Lehrerinnen und Lehrer eigentlich, wenn sie über Lärm im Klassenraum klagen – beziehen sie sich tatsächlich auf die messbaren Schallpegel oder eher auf die empfundene Störung des Unterrichts?

»Mich belastet der Lärm, den Schülerinnen und Schüler machen.«



3 Oberdörster, M.; Tiesler, G.: Akustische Ergonomie der Schule. Schriftenreihe der BAuA Fb 1071, Dortmund, 2006

2 Wo kommt ›Lärm in der Schule‹ eigentlich her?

Überall da, wo Menschen sind, verursachen sie Geräusche – das ist in Schulen und Kindergärten nicht anders. Viele Geräuschquellen, die zum Grundgeräuschpegel in unseren Klassenzimmern beitragen, werden dabei nicht primär durch den Unterricht selbst verursacht. Und auch hier gilt: Nicht jedes dieser Geräusche möchten wir hören, viele werden einfach als störender Lärm empfunden. Dabei suchen sich Schallwellen sehr erfolgreich ihre Wege durch die Luft und durch Gebäudeteile.

Auch in der Umgebung befindliche Fabriken können störende Lärmquellen sein.

Über Belüftungsanlagen kann sich Schall zwischen den Räumen hin und her bewegen. Ventilations- und Klimaanlagen verursachen zudem selbst oft einen störenden tieffrequenten Lärm.

Lärm aus Werk- und Musikräumen, Speisesälen und anderen lauten Umgebungen wandert unter anderem durch Wände und Balken in die Klassenzimmer.

Im Klassenzimmer selbst entsteht viel Lärm durch schabende Stuhlbeine, Quietschen, Reden, Lachen, Rufen und Poltern – aber auch durch den Unterricht selbst, wenn etwa im Kontext moderner Arbeitsformen, wie offenem Gruppen- oder Projektunterricht, mehrere Schüler gleichzeitig im Raum reden, sich bewegen, diskutieren etc. Nicht zu vergessen sind letztlich die Störungen durch die Kinder selbst wie Tuscheln, Flüstern oder Kichern.

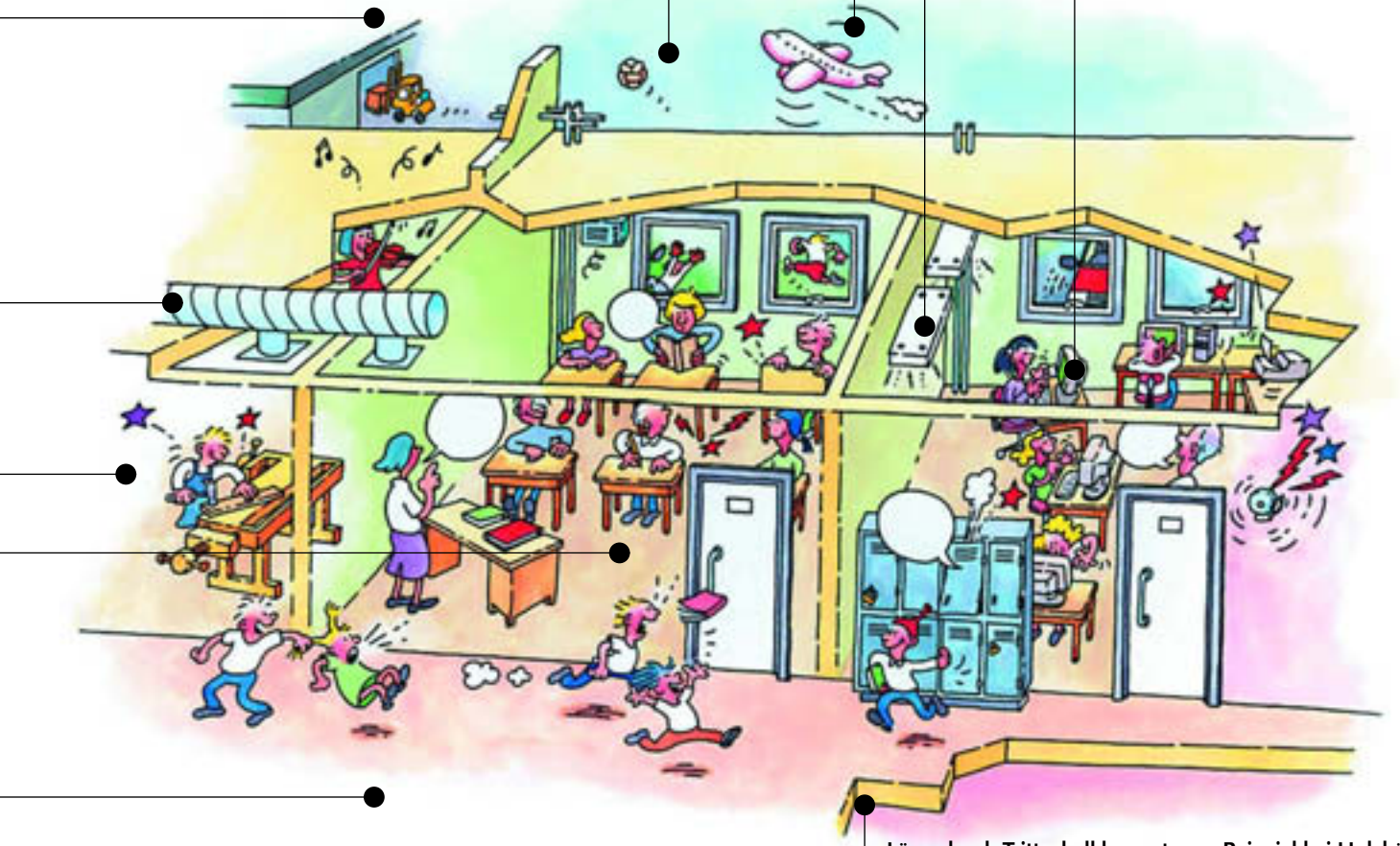
Flure und Gemeinschaftsbereiche sind oft sehr laut. Der Schall breitet sich den Flur entlang aus und kann von dort, bedingt durch oftmals schlecht dämmende Abtrennungen und Türen, in anliegende Klassenräume eindringen. Dumpfe und störende Geräusche kriechen durch den Boden und durch tragende Gebäudeelemente in die Räume.

Viel befahrene Straßen sowie nahe gelegene Flughäfen stellen für Schulen und andere Lerneinrichtungen gänzlich ungeeignete Umgebungen dar. Schlecht isolierte Türen und Fenster bilden für diesen von außen eindringenden Lärm kaum Hindernisse.

Leuchtstoffröhren, die nicht mit einem elektronischen Vorschaltgerät versehen sind, können in ihrer Halterung zu vibrieren beginnen und auf diese Weise Geräusche im tieferen Frequenzbereich verursachen.

In der Nähe befindliche Spiel- und Sportplätze können störenden Lärm mit sich bringen.

Computer, Drucker und andere Geräte verursachen störende Hintergrundgeräusche.

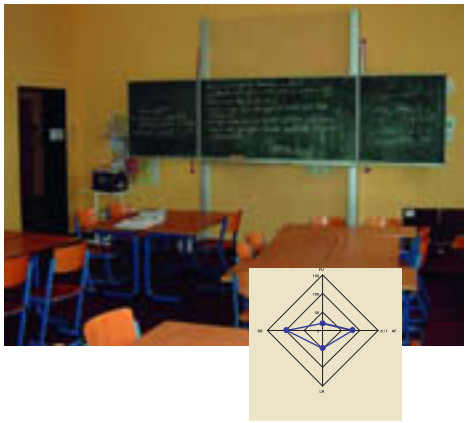


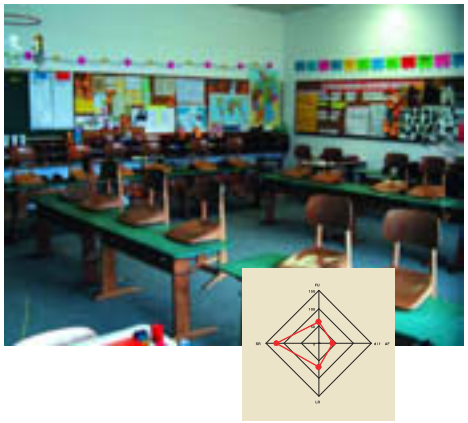
Lärm durch Trittschall kommt zum Beispiel bei Holzböden sehr häufig vor. Bei schlecht isolierten Tragekonstruktionen kann der Schall zudem leicht in darunter liegende Räume vordringen.

3 Unterricht gestern und heute – Schullärm im Spiegel pädagogischer Trends

Es ist nicht zu übersehen: Das Bildungssystem in Deutschland ist in Bewegung wie schon lange nicht mehr. Und das nicht erst seit TIMSS oder PISA. In zahlreichen Bundesländern stehen Bildungsreformen an oder werden bereits durchgeführt. Neben der äußeren Schulorganisation haben sich in den vergangenen Jahren vor allem die Arbeitsweisen im Unterricht verändert – Wissenserwerb findet heute auf anderen Wegen, mittels anderer Arbeitsformen statt.

In der Unterrichtspraxis finden sich heute in der Regel Mischformen aus frontalen und differenzierten Arbeitsweisen (Stichwort: ›frontales Unterrichtsgespräch‹). Entscheidend sind in der Regel die persönliche Präferenz der Lehrkraft und der generelle pädagogische Stil einer jeweiligen Schule. Mitunter ist bereits an der Klassenraumeinrichtung und der Ausrichtung der Arbeitsplätze zu erkennen, welche Arbeitsformen das Geschehen im Klassenraum bestimmen. Die Abbildungen rechts geben einen Eindruck von der erstaunlichen Variationsbreite von ›Unterricht‹ der sich momentan in deutschen Schulen finden lässt.[3]

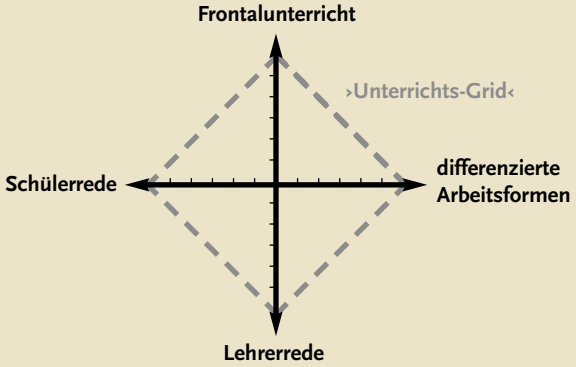




3 Oberdörster, M.; Tiesler, G.: Akustische Ergonomie der Schule. Schriftenreihe der BAuA Fb 1071, Dortmund, 2006

Akustische Ergonomie der Schule

Die Studie ›Akustische Ergonomie der Schule‹ hat 175 Unterrichtsstunden untersucht und die zeitliche Verteilung der verschiedenen Arbeitsformen und der Redeanteile in ›Unterrichts-Grids‹ festgehalten. Dabei kamen in den jeweiligen Schulen sehr unterschiedliche pädagogische Konzepte zum Vorschein[3].



Ist Schullärm ein Problem unserer Zeit? Hat es dies früher nicht gegeben?

Eine sicher berechtigte Frage, denn die Klagen der Lehrer über Lärm tauchen in der Literatur um den Beginn des 20. Jahrhunderts nicht auf. Die Frage ist nicht von der Hand zu weisen: ›Moderne‹, ›differenzierte‹ und ›nicht lehrerzentrierte‹ Arbeitsformen (z. B. Partner-, Gruppen- oder Projektarbeitsphasen), wie sie von der aktuellen Pädagogik gefordert werden, erzeugen im Vergleich zum klassischen Frontalunterricht völlig veränderte Kommunikationsszenarien im Klassenraum. Der Lehrer tritt als Stoffvermittler, als Darsteller vorgegebener Wissensbestände zurück. Die Schüler hingegen sollen verstärkt selbst ausprobieren, abwägen, miteinander diskutieren.

Der moderne Unterricht setzt damit auf gemeinschaftliches Lernen und lässt bewusst mehrere gleichzeitig sprechende Personen im Klassenraum zu. Selbst bei einer guten Diskussionsdisziplin (welche vermutlich auch nicht immer vorauszusetzen ist), erzeugen solche Situationen jedoch naturgemäß tendenziell höhere Geräuschpegel, als das bei einem reinen Dozieren des Lehrers (insbesondere, wenn dieses mit einem hohen Maß an Disziplin im Klassenraum einherging) üblicherweise der Fall war.

4 Die physikalischen Besonderheiten von ›Lärm‹ in der Schule

Wenn im Zusammenhang mit Bildung und Schule von ›Lärm‹ die Rede ist, so ist dies sowohl von Qualität als auch von Quantität etwas anderes als an einem gewerblichen Arbeitsplatz, etwa in der Metall verarbeitenden Industrie oder im Büro. Während das von Maschinen ausgehende Geräusch in aller Regel als Störgeräusch einzuordnen ist, muss der in Bildungsstätten anzutreffende Geräuschpegel als Nutzsignal mit einem stark schwankenden Anteil Störsignal bezeichnet werden. Die Unterscheidung und Bewertung ist dabei in hohem Maße abhängig vom jeweiligen Unterrichtsprozess.

Schnelle Analysen des Phänomens, welche die in den letzten Jahrzehnten angestiegene Geräuschkulisse in der Schule ausschließlich auf soziale oder pädagogische Entwicklungen zurückführen, sind also zu kurz gedacht. Auch die akustischen Rahmenbedingungen für den Unterricht spielen im Kontext moderner pädagogischer Arbeitsformen eine entscheidende Rolle!

4 McKenzie, D.; Airey, S.: Classroom acoustics. A research project. Summary report. Edinburgh: Heriot-Watt-University (Dept. of Building Engineering and Surveying), 1999

5 Klatte, M.; Meis, M.; Nocke, C.; Schick, A.: Lernumwelt = Lärmumwelt?! Akustische Bedingungen in Schulen und ihre Auswirkungen auf das Lernen. Grundschule 2 (2004), 38–40

Das Verhältnis von Nutzsignal und Störsignal

Zum Beispiel: Während ein mit erhobener Stimme vorgetragener Text mit einem Sprechpegel von etwa 65 dB(A) sicher als Nutzsignal einzustufen ist, würde ein allgemeines Schülergemurmel in einer Stillarbeitsphase von etwa 55 dB(A) in der Regel wohl als Störsignal gewertet. Eine reine Erhebung der Geräuschpegel im Klassenraum ohne Berücksichtigung der konkreten Unterrichtssituation beschreibt das Phänomen ›Schullärm‹ somit nur sehr bedingt.

Ein erstes entscheidendes Kriterium für eine Beurteilung des ›Schullärms‹ ist damit das Verhältnis von Nutz- und Störsignal im Klassenraum vor dem Hintergrund der im Unterricht stattfindenden Kommunikationsprozesse. Für einen erwachsenen Menschen soll das Nutzsignal in aller Regel um etwa 10 dB lauter sein als das Störgeräusch, damit von einer nahezu fehlerfreien Verständigung gesprochen werden kann. Da die Stimme eines Erwachsenen für einen normalen Sprechpegel von etwa 50 bis 55 dB(A) ausgelegt ist, würde dies einen Störgeräuschpegel von unter 40 dB(A) fordern. Selbst in so genannten ›Stillarbeitsphasen‹ liegen die in Schulen gemessenen Schallpegel jedoch nur selten unter 50 dB(A), d. h. die Lehrkräfte müssen meist mit erhobener Stimme reden, wenn sie ihre Information an die Schüler weitergeben wollen. Zudem weist die Fachliteratur ausdrücklich darauf hin, dass das Sprachverstehen von Kindern im Vor- und Grundschulalter durch Störgeräusche viel stärker beeinträchtigt wird als das Erwachsener (s. Abschnitt 5). Hörer im Kindesalter benötigen deshalb einen Nutzsignalpegel, der etwa 15 dB lauter ist, als das umgebende Störgeräusch (der sog. Signal-Rausch-Abstand ›SNR‹). Dies gilt insbesondere für Nicht-Muttersprachler sowie für das Erlernen einer Fremdsprache.

Erschwerend kommt hinzu, dass das Störgeräusch in einem Klassenraum etwa gleichförmig verteilt ist, die Stimme der Lehrkraft aber von einer Stelle ausgesendet wird und – je nach Raumgröße und Lehrerposition – bis zu Schülern in der letzten Reihe unter Umständen einen Weg von bis zu 8 m zurückzulegen hat. Bei unverändertem Grundgeräusch bedeutet dies entweder eine deutliche Mehrbelastung der Stimme der Lehrkraft, was auf Dauer nicht ohne gesundheitliche Folgen geschehen kann, oder einen gestörten Informationsfluss zu weiter entfernten Schülern und dadurch eingeschränkte Lernbedingungen.

Lombard-Effekt

Bei den modernen, differenzierten Unterrichtsformen kommt ein weiterer Aspekt hinzu. Befinden sich beispielsweise mehrere gleichzeitig sprechende Arbeitsgruppen im Raum, wird das Signal der einen Gruppe zum Störgeräusch für die anderen Gruppen. Es beginnt eine Kettenreaktion im Klassenraum: Die Parteien werden die so beeinträchtigte Sprachverständlichkeit in ihrer Gruppe ebenfalls durch eine Erhöhung der Sprechlautstärke kompensieren, was wiederum zu einem gesteigerten Störgeräuschpegel für die jeweils anderen führt, usw. Der Geräuschpegel im Klassenraum schraubt somit über die Zeit hinweg immer weiter nach oben, obwohl die Anzahl der kommunizierenden Parteien gleich bleibt. Ein Phänomen, das in der Akustik als Lombard-Effekt bezeichnet wird.

In diesem Zusammenhang wird auch die besondere Bedeutung der Raumakustik für den modernen Unterricht deutlich: sorgen beispielsweise kurze Nachhallzeiten für ein präzises Sprachsignal (vor allem im Konsonantenspektrum, vgl. Kap. 6), können die einzelnen Parteien mit einem geringeren Signal-Rausch-Abstand auskommen. Das Aufschaukeln des Geräuschpegels fällt deutlich geringer aus oder tritt nicht mehr auf.[3] Kein Einzelfall: Bereits in den 90er Jahren wurden in Großbritannien der Zusammenhang zwischen der raumakustischen Arbeitsumgebung und dem Kommunikationsverhalten und damit der Geräuschentwicklung im Klassenraum durch eine Studie der Heriot-Watt University belegt.[4]

5 Eine kinder- und lernfreundliche ›Hörumwelt Schule‹

Sprechen und Sprache verstehen

Mündlicher Unterricht kann nur gelingen, wenn die Kinder aufmerksam zuhören. Dies wiederum setzt neben vielen anderen Faktoren voraus, dass gesprochene Sprache überall im Raum klar und mühelos zu verstehen ist. Lärm und Halligkeit im Klassenraum beeinträchtigen jedoch die Sprachqualität erheblich. Das Verstehen von Sprache unter solch schwierigen Bedingungen erfordert, dass Hintergrundgeräusche ausgeblendet und fehlende Informationen kontinuierlich ergänzt werden. Erwachsene können dies relativ gut meistern, Kinder jedoch nicht.

Erkenntnisse aus der Psychoakustik[5]

Die kindliche Sprachverarbeitung ist keineswegs so gut trainiert und robust und daher viel störanfälliger als die Erwachsener. Zahlreiche Studien belegen, dass besonders Vor- und Grundschulkinder auf optimale Hörbedingungen angewiesen sind, um sprachliche Informationen aufnehmen, behalten und verarbeiten zu können. Dies gilt besonders für Kinder mit Hör-, Lern- und/oder Aufmerksamkeitsstörungen sowie für Kinder, die in ihrer Zweitsprache unterrichtet werden.

Aber auch geistige Prozesse, bei denen es gar nicht um das Hören und Zuhören geht, werden durch Lärm gestört. Plötzlich eintretende, laute und/oder ungewohnte Geräusche ziehen die Aufmerksamkeit automatisch auf sich und lenken von der aktuellen Tätigkeit ab. Kinder sind hiervon in besonderem Maße betroffen. Sie sind weit weniger als Erwachsene in der Lage, ihre Aufmerksamkeit auf eine bestimmte Sache zu richten und irrelevante Hörreize zu ignorieren. Auch diese Prozesse werden durch die Raumakustik beeinflusst. In sehr halligen Räumen wirken Hintergrundgeräusche wie Husten, Blättern, Kramen im Ranzen, Füßescharren etc. so laut und prägnant, dass sie – wahrnehmungsmäßig – in den Vordergrund treten. Dann fällt es natürlich noch schwerer, sie zu überhören.

Darüber hinaus ist aus der Gedächtnisforschung bekannt, dass unregelmäßige Hintergrundschalle (Sprache, Musik, bestimmte Verkehrsgeräusche) schon bei geringen bis mittleren Lautstärken zu einer Störung des sprachlichen Kurzzeitgedächtnisses führen. Die betroffenen Personen sind sich dieser Störwirkung oft gar nicht bewusst – trotz eindeutiger Leistungsverschlechterung geben sie an, das Geräuschhabe sie beim Bearbeiten der Gedächtnisaufgabe nicht beeinträchtigt! Auch diese Form der Leistungsstörung durch Lärm betrifft Kinder wesentlich stärker als Erwachsene. In diesbezüglichen Studien zeigten Grundschulkinder Leistungsverschlechterungen um bis zu 25 Prozent, wenn die Gedächtnisaufgabe von Hintergrundgeräuschen begleitet war. Diese Erkenntnis ist für das Thema ›Lärm in Schulen‹ besonders wichtig, da

3 Oberdörster, M.; Tiesler, G.: Akustische Ergonomie der Schule. Schriftenreihe der BAuA Fb 1071, Dortmund, 2006

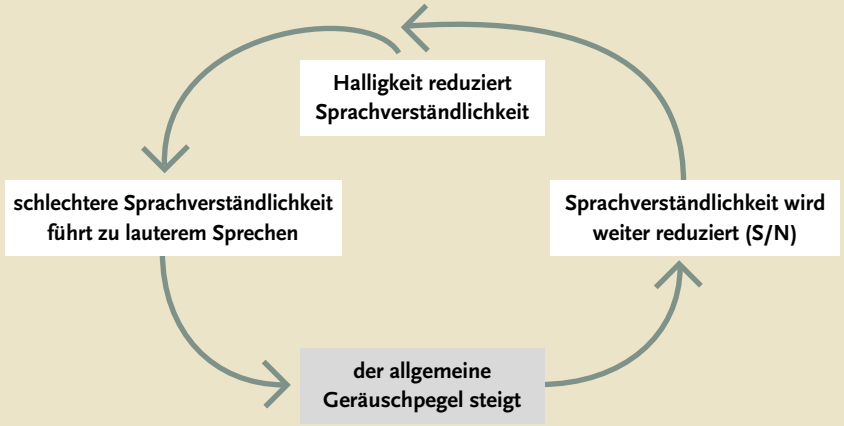
5 Klatte, M.; Meis, M.; Nocke, C.; Schick, A.: Lernumwelt = Lärmumwelt?! Akustische Bedingungen in Schulen und ihre Auswirkungen auf das Lernen. Grundschule 2 (2004), 38–40

das sprachliche Kurzzeitgedächtnis beim Laut- und Schriftsprach-erwerb eine herausragende Rolle spielt. Deshalb muss vermutet werden, dass das Sprechen-, Lesen- und Schreibenlernen durch eine zu ›lärmige‹ Umgebung beeinträchtigt wird. Bei Aufgaben, die das sprachliche Kurzzeitgedächtnis beanspruchen, sollte besonders auf eine ruhige Lernumgebung geachtet werden. Hierzu gehören insbesondere Lese- und Rechtschreibübungen im Anfangsunterricht, das Kopfrechnen und das Lernen von Vokabeln.

Diese Befunde zeigen, dass sowohl eine optimale Raumakustik als auch unterrichtsgestalterische Maßnahmen notwendig sind, um eine kinder- und lernfreundliche ›Hörumwelt Schule‹ zu erreichen.

Bessere Raumakustik für leiseren Unterricht

Gerade die Arbeitsformen des ›modernen Unterrichts‹, wie z.B. Arbeiten in kleinen Gruppen, ist in der Regel mit lebhafter Kommunikation verbunden. Eine hallige Klassenraumakustik setzt dabei einen Kreislauf in Gang: Obwohl die Zahl der sprechenden Personen gleich bleibt, steigt der Geräuschpegel im Klassenraum immer weiter an. Eine Verbesserung der Raumakustik führt deshalb gerade während dieser Arbeitsformen zu einem nicht selten deutlich leiseren Unterricht[3].



6 Kurze Nachhallzeiten für ausgezeichnete Sprachverständlichkeit – die wichtigsten raumakustischen Parameter im Klassenzimmer

Betrachtet man die Eignung von Klassenräumen für das, was in ihnen vonstatten gehen soll, aus raumakustischer Sicht, stehen dem Akustiker für die Beschreibung jener Hörsamkeit eine ganze Palette von Kenngrößen zur Verfügung.

Dabei wird die Halligkeit des Raumes im Allgemeinen als dessen wohl auffälligste akustische Eigenschaft bewertet. Das entsprechende Kriterium **Nachhallzeit** *(Reverberation Time, RT)* bezeichnet konkret die Zeitspanne, in der der Schalldruckpegel eines Testtones im Raum nach dem Abschalten um 60 dB abgesunken ist. Und auch in einem Klassenraum ist vor allem die Frage zu beantworten, wie schnell er allein aufgrund seiner physikalischen Eigenschaften in der Lage ist, Schall abzubauen. Dabei bewirkt eine kurze Nachhallzeit in der Praxis zweierlei: Zum einen trägt sie durch die schnelle Absorption der Schallenergie im Raum zu einem geringeren Schallpegel bei, zum anderen erhöht sie durch das klarere Sprachsignal die so genannte Sprachverständlichkeit bzw. Hörsamkeit im Raum. (Für die Bedeutung der Sprachverständlichkeit für die Informationsaufnahme durch die Hörenden, insbesondere durch Kinder vgl. Kap. 5).

Als zeitgemäßes objektives Verfahren zur direkten messtechnischen Bestimmung der **Sprachverständlichkeit** dient die Ermittlung des so genannten *Speech Transmission Index (STI)* – mit einer Skala von 0 (unbefriedigend) bis 1 (sehr gut) – und des *Articulation Loss of Consonants (Alcons)* mit einer Angabe in %. Das letztgenannte Verfahren ist deshalb von Interesse, weil sprachwissenschaftlich die Konsonanten für das inhaltliche Verstehen von besonderer Bedeutung sind. Insbesondere Explosiv- und Frikativlaute (p, t, k, f, ß, z, sch) fungieren, schon allein durch ihre zahlenmäßige Vielfalt, überproportional häufig als bedeutungstragende Elemente einer Silbe bzw. eines Morphems.

Die Abhängigkeit der Sprachverständlichkeit von der Nachhallzeit

Die beiden Kenngrößen Nachhallzeit und Sprachverständlichkeit sind dabei in hohem Maße voneinander abhängig: Ist die Nachhallzeit zu lang, bedeutet das für das Sprachsignal, dass nachfolgende Silben durch den zu langen Abklingvorgang der vorhergehenden verdeckt werden. Mit zunehmendem Nachhall sinkt also bei gleich bleibendem Störgeräuschpegel die Sprachverständlichkeit (vgl. Tab.).

4 McKenzie, D.; Airey, S.: Classroom acoustics. A research project. Summary report. Edinburgh: Heriot-Watt-University (Dept. of Building Engineering and Surveying), 1999

6 Pekkarinnen, E.; Viljanen, V.: Acoustic conditions for speech communication in classrooms. Scand. Audiol. 20 (1991), 257–263

7 DIN 18041: Hörsamkeit in kleinen bis mittelgroßen Räumen. Berlin: Beuth Verlag, 2004

Silbenverständlichkeit in % in Abhängigkeit von der Nachhallzeit und dem Signal-Rausch-Abstand nach Finitzo-Heiber und Tillman

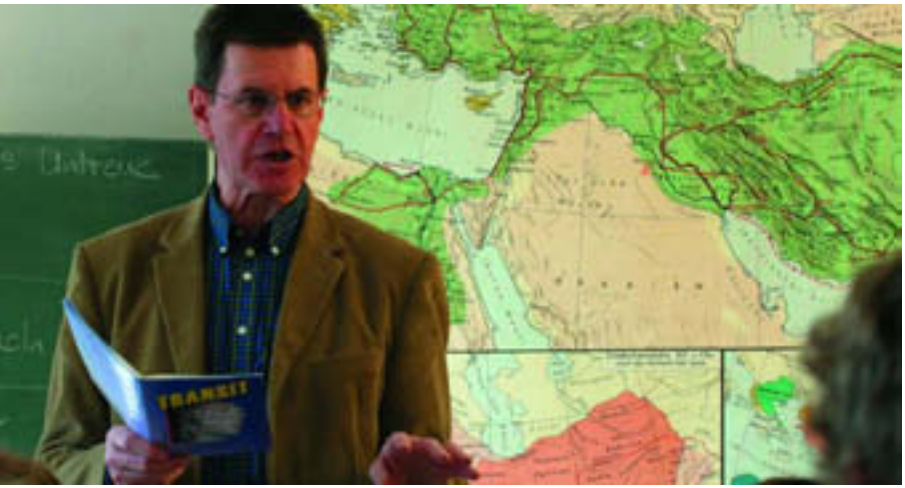
	RT = 0 s		RT = 0,4 s		RT = 1,2 s	
SNR in dB(A)	Normal-hörende	Schwer-hörende	Normal-hörende	Schwer-hörende	Normal-hörende	Schwer-hörende
> 45	94,5	83,0	92,5	74,0	76,5	45,0
12	89,2	70,0	82,8	60,2	68,8	41,2
6	79,7	59,5	71,3	47,7	54,2	27,0
0	60,2	39,0	47,7	27,8	29,7	11,2

In diesem Zusammenhang stellten finnische Forscher[6] bereits Anfang der 90er Jahre fest, dass nur Klassenräume mit Nachhallzeiten von deutlich unter 0,6 s eine durchgängig ›sehr gute‹ (STI > 0,75) Sprachverständlichkeit erreichen. Wissenschaftler der Heriot-Watt-University in Edinburgh forderten 1999 als Ergebnis der bis dato weltweit größten Studie zur Schulakustik[4] Nachhallzeiten in Klassenräumen von unter 0,5 s. Auch die Neufassung der DIN 18041 ›Hörsamkeit in kleinen bis mittelgroßen Räumen‹ (2004)[7] legt für Klassenräume Nachhallzeiten von um die 0,5 s fest und geht dabei auf wichtige pädagogische Problemstellungen, etwa den Fremdsprachenunterricht, Schüler nicht deutscher Muttersprache oder Schüler mit Aufmerksamkeits- und Konzentrationsstörungen explizit ein.

Sprachsignale

Akustisch enthalten die genannten Zisch- und Explosivlaute in ihrem Spektrum vorwiegend hochfrequente Signalanteile (1 kHz – 8 kHz). Die Grundtöne und Vokale, die der Stimme ihre Lautstärke geben, sind hingegen vorwiegend niederfrequent (125 Hz – 250 Hz bzw. 250 Hz – 1 kHz). Während letztere für den Klang der Stimme sorgen, bestimmen die Konsonanten ihre Artikulation. Die unterschiedliche Wichtigkeit für die Sprachverständlichkeit lässt sich durch Flüstern gut demonstrieren. Denn obwohl dem Sprachsignal beim Flüstern die Vibration der Stimmbänder fehlt, es also ausschließlich aus Hauch, Zisch- und Explosivlauten besteht, ist der Inhalt gut verständlich, sofern das Signal nur ausreichend laut im Verhältnis zum Störgeräusch ist. Allerdings enthalten auch viele Störgeräusche starke hochfrequente Anteile. Eine entsprechend starke Bedämpfung der hochfrequenten Störgeräuschanteile ist die logische raumakustische Konsequenz.

7 ›Akustische Ergonomie der Schule‹ – Das Zusammenspiel von raumakustischen Faktoren, pädagogischen Trends und Lehrergesundheit



Um die besondere Bedeutung der Raumakustik für den modernen Unterricht genauer zu beleuchten, entstand 2005 die bislang jüngste Studie des ISF der Universität Bremen zur ›Akustischen Ergonomie der Schule‹[3]: Auf der Basis von 175 Unterrichtsstunden in verschiedenen Grundschulen wurden in einem ersten Schritt die Auswirkungen der verschiedenen Arbeitsformen (Frontalunterricht vs. differenzierter Unterricht) auf Grund- und Arbeitsgeräuschpegel im Klassenraum erforscht. In einem zweiten Schritt wurde untersucht, wie sich eine veränderte Raumakustik auf diese Pegel im Kontext der jeweiligen Arbeitsform auswirkt. Durch eine erweiterte Datensatzbeschreibung war es dabei erstmals möglich, nicht nur Stundenmittelwerte auszuwerten, sondern direkt in Unterrichtsphasen, die von bestimmten pädagogischen Merkmalen dominiert werden, hineinzusehen.

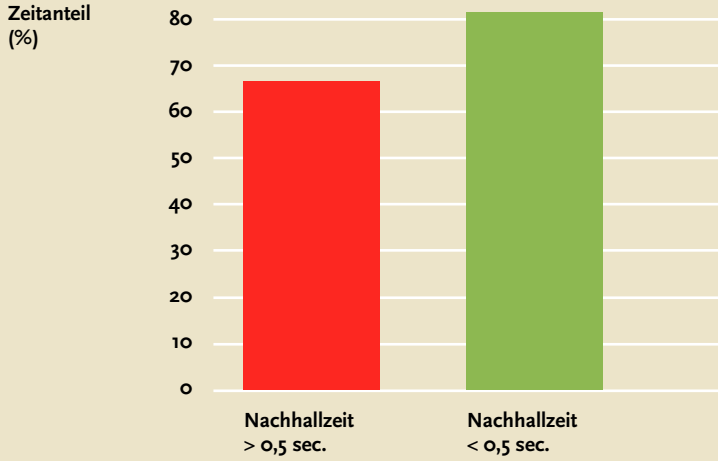
Auf dieser Basis wurde schließlich im dritten Schritt der Frage nachgegangen, welche Auswirkungen der im Schulunterricht entstehende ›Lärm‹ als natürliches Arbeitsgeräusch auf die unterrichtenden Lehrerinnen und Lehrer hat. Wie groß ist der Einfluss akustischer Bedingungen auf die messbare physiologische Beanspruchung der Lehrerinnen und Lehrer in Abhängigkeit vom konkreten Unterrichtsgeschehen?

Eine derartige ›ergonomische‹ Fragestellung, verknüpft mit den aktuellen pädagogischen Trends, mag auf den ersten Blick überraschend erscheinen. Doch sie lieferte erstaunliche Einblicke in das Phänomen ›Schullärm‹, seine Ursachen und Wirkungen und die relevanten raumakustischen Parameter Nachhallzeit und Sprachverständlichkeit.

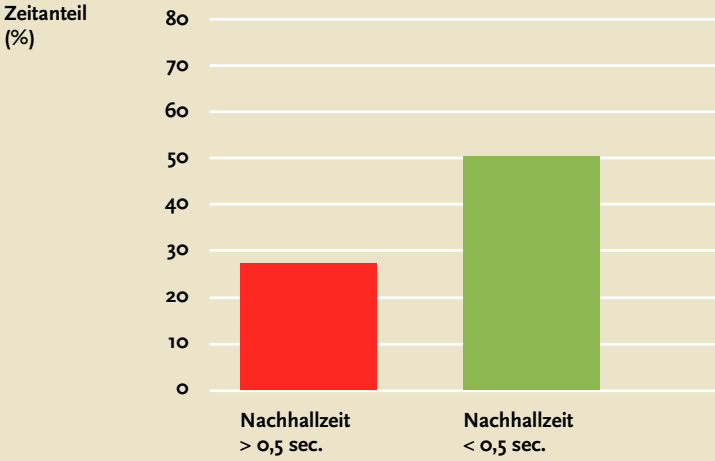
In Klassenräumen mit akustisch guten Bedingungen

3 Oberdörster, M.; Tiesler, G.: Akustische Ergonomie der Schule. Schriftenreihe der BAuA Fb 1071, Dortmund, 2006

›Leise‹ Unterrichtsabschnitte – insgesamt



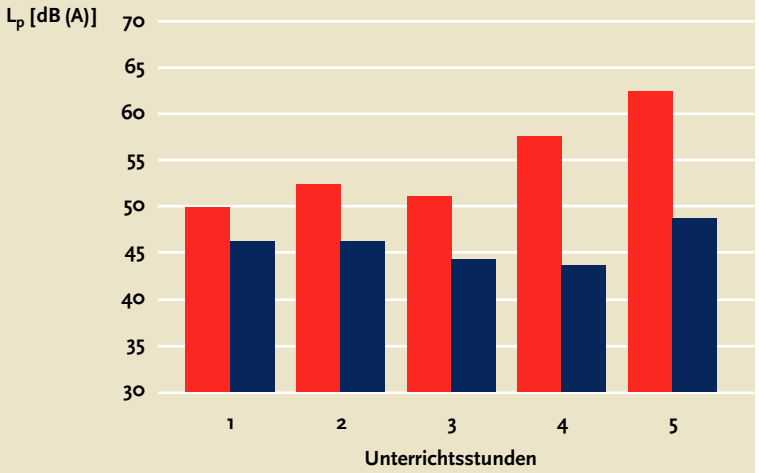
›Leise‹ Unterrichtsabschnitte – differenzierter Unterricht



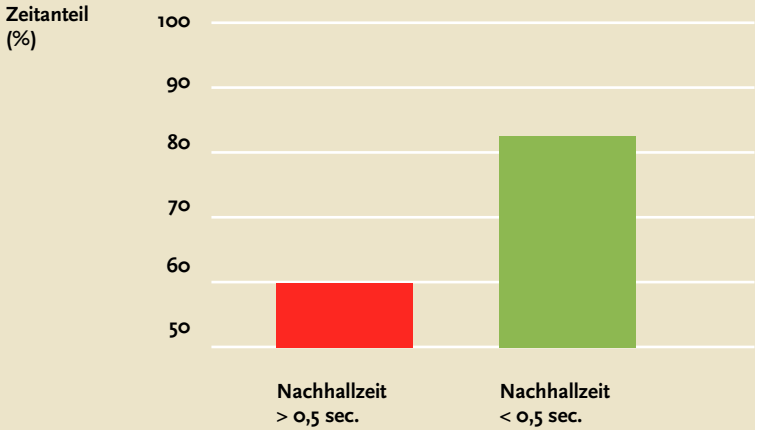
lag der zeitliche Anteil ›leiser‹ Unterrichtseinheiten bei über 80 % (bei vergleichbarem Unterricht), unter akustische schlechteren Bedingungen bei ca. 67 % (jeweils bezogen auf den mittleren Sprechpegel eines Erwachsenen (ca. 62 dB(A)) als Normalfall des Unterrichtsgespräches). Noch deutlicher war die Veränderung, wenn die Klasse mit differenzierten Unterrichtsformen gearbeitet hat: Hier verdoppelte sich der Anteil der leisen Abschnitte!

Ein deutlicher Hinweis auf den ausbleibenden Lombard-Effekt bei Partner-, Gruppen- oder Projektarbeit. Die Pegeldifferenz zwischen den akustische guten und den akustisch schlechten Räumen betrug während dieser Arbeitsformen über 13 dB!

Grundgeräuschentwicklung über den Vormittag



Unterrichtsabschnitte mit geringer Arbeitsbeanspruchung



Durch den genauen Vergleich der Unterrichtssituationen wurde ein weiterer wichtiger Aspekt sichtbar. Der übliche Anstieg des Grundgeräuschpegels über den Schultag hinweg (rot) blieb in den Klassenräumen mit kurzen Nachhallzeiten (< 0,5 s) aus (blau). Das hat enorme Auswirkungen auf den Unterrichtsprozess und liefert einen ersten Hinweis auch auf die physiologische Dimension der akustischen Arbeitsumgebung.

Tatsächlich verringert sich durch die positiven Effekte akustisch guter Räume auch die Arbeitsbelastung der Lehrerin. Nach einer akustischen Sanierung fanden z. B. bei ein und derselben Lehrerin deutlich mehr Unterrichtsanteile unter einer vergleichsweise geringen Arbeitsbeanspruchungen statt. Dabei dient die Herzfrequenz als objektiver Indikator für die psychophysische Arbeitsbeanspruchung; hier bezogen auf die durchschnittliche Herzfrequenz der Testperson von 90 Schlägen pro Minute. Weitere Untersuchungen belegten zudem eine geringere Empfindlichkeit der Lehrerin auf den Stressor ›Lärm‹, und damit ein deutlich entspannteres Arbeiten. Die akustische Gestaltung von Klassenräumen hat demnach zweifelsfrei eine ergonomische Dimension.

Raumakustische Interventionen

Im Klassenraum einer 2. Klasse wurde eine Nachhallzeit von RT = 0,8 s gemessen. Mit einem Sprachverständlichkeitsindex STI = 0,7 fand der Unterricht damit zwar nicht unter ›sehr guten‹, aber auch nicht unter katastrophalen akustischen Bedingungen statt. Durch eine raumakustische Intervention (Decken- und Wandverkleidung) wurde die Nachhallzeit auf etwa 0,4 s deutlich gesenkt und die Sprachverständlichkeit stark verbessert (STI = 0,85). Die Auswirkungen dieser Intervention auf den Geräuschpegel im Unterricht waren überraschend – zumal die Schule durch ein pädagogisches Anti-Lärm-Konzept und durch konsequentes Einüben leiser Arbeitsformen bereits vor dem ›Umbau‹ eine ausgesprochen leise und disziplinierte Schule war. Insgesamt lag der Grundgeräuschpegel schlagartig um ca. 8 dB niedriger als vor der Intervention! Allein durch die physikalische Absorption der Schallenergie von ca. 3–4 dB ist diese Pegelreduzierung jedoch nicht erklärbar. Vielmehr haben die Schülerinnen und Schüler – obwohl ohnehin ungewöhnlich leise und diszipliniert – in ihrem Verhalten unmittelbar auf die veränderte Lernumgebung reagiert, was zu einer weiteren deutlichen Pegelminderung um durchschnittlich 4–5 dB führte.

Das Geschehen im Klassenraum hat sich in den vergangenen Jahren grundlegend gewandelt. ›Moderne‹, ›differenzierte‹ und ›nicht lehrerzentrierte‹ Arbeitsformen (z. B. Partner-, Gruppen- oder Projektarbeitsphasen), erzeugen dabei im Vergleich zum klassischen Frontalunterricht völlig veränderte Kommunikationsszenarien: Der Lehrer tritt als Stoffvermittler, als Darsteller vorgegebener Wissensbestände zurück. Die Schüler hingegen müssen verstärkt selbst ausprobieren, abwägen, miteinander diskutieren, sollen sich Wissen und die Fähigkeit Probleme zu lösen selber aneignen. Der moderne Unterricht setzt damit auf gemeinschaftliches Lernen und lässt bewusst mehrere gleichzeitig sprechende Personen im Klassenraum zu.

8 Maßnahmen zur akustisch-ergonomischen Klassenraumgestaltung

1. Höchstabsorbierende Ausstattung der Deckenfläche zur Verringerung der Nachhallzeit

Die aktuellen Forschungsarbeiten haben gezeigt: Eine optimierte Raumakustik verbunden mit exzellenter Sprachverständlichkeit führt zu deutlich verringerten Schallpegeln sowie einem ruhigeren Schülerverhalten gerade bei offenen Arbeitsformen. **Eine Verringerung der Nachhallzeit auf einen Wert unter 0,5 s und ein STI > 0,75 sind anzustreben.** Dabei sind auch geringe Unterschiede für das Hörerleben nicht selten von großer Bedeutung!

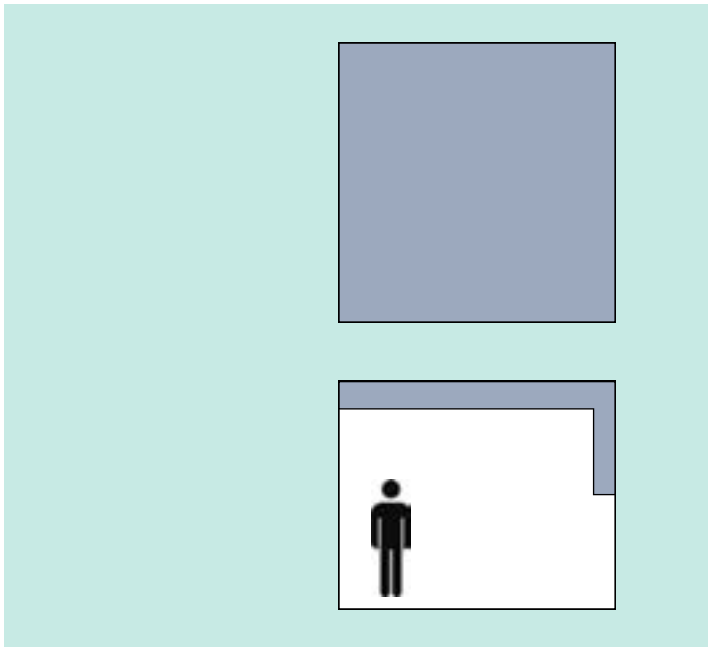
Eine im Vergleich zu früher stärkere Dämpfung mag anfänglich ungewohnt sein, führt jedoch zu signifikanten Ergebnissen und wurde im Projekt ›Lärm in Bildungsstätten‹[2] von den beteiligten Lehrerinnen und Schülern als sehr wohltuend bewertet und gut akzeptiert.

In Anlehnung an die **Neufassung DIN 18041**[6] sollte auf einen ausgeglichenen Nachhallzeitverlauf im Frequenzbereich zwischen 100 Hz und 5 kHz Wert geachtet werden.

Als Orientierungswert lassen sich diese Vorgaben in Klassenräumen üblicher Größe und Kubatur z. B. durch eine vollflächige Deckenbelegung mit höchstabsorbierenden Materialien der Absorptionsklasse A gem. DIN EN ISO 11654 erreichen. Unter normalen Umständen lassen sich auf diese Art die o. g. Werte weitgehend unabhängig von der weiteren Raumausstattung und der Raumbesetzung sicherstellen.

2 Schönwälder, H.-G.; Berndt, J.; Ströver, F.; Tiesler, G.: Lärm in Bildungsstätten – Ursachen und Minderung. Schriftenreihe der BAuA Fb 1030, Dortmund, 2004

6 Pekkarinnen, E.; Viljanen, V.: Acoustic conditions for speech communication in classrooms. Scand. Audiol. 20 (1991), 257–263

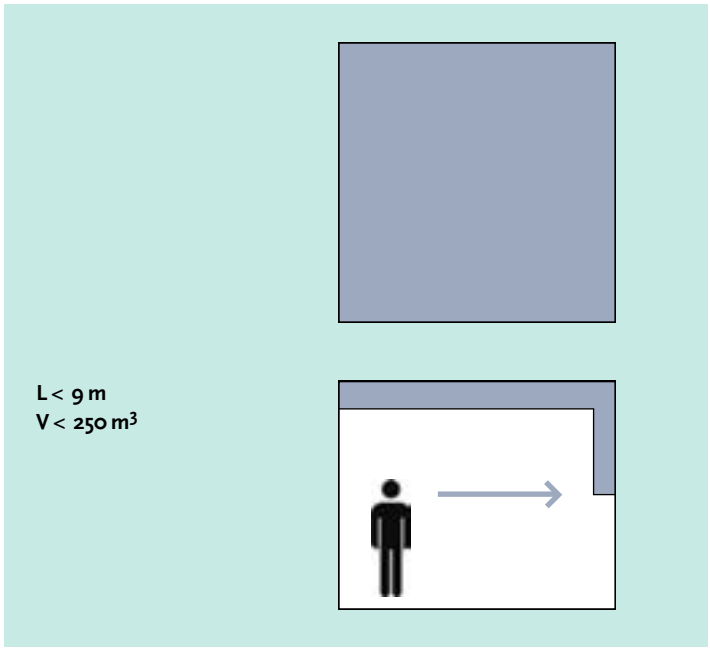


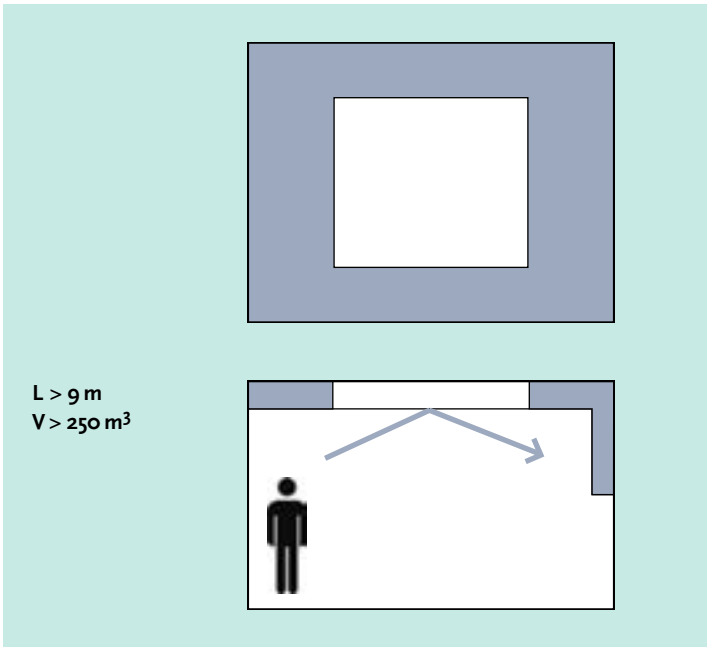
2. Verzicht auf den klassischen Deckenreflektor

Durch die zunehmend dezentrale Kommunikation im Klassenraum und die Abnahme des Frontalunterrichts verliert der klassische Reflektor an der Deckenmitte seine Bedeutung. Gerade in Gruppen- oder Projektarbeitsphasen, die ohnehin die höchsten Arbeitsgeräuschpegel erzeugen, wirkt er sich eher störend auf die Geräuschentwicklung aus. Der Nutzen einer verstärkten Anfangsreflexion von der Tafelposition aus ist hingegen in Klassenräumen normaler Größe nicht von besonderer Wichtigkeit für die allgemeine Sprachverständlichkeit: Weder die an der Studie ›Lärm in Bildungsstätten‹[2] beteiligten Lehrerinnen und Lehrer, noch die Schülerinnen und Schüler beklagten eine unzureichende Schallversorgung etwa auf den hinteren Plätzen. Auch die Messwerte belegen: Keiner der Beteiligten erhob seine Stimme lauter als vor der Sanierung. Offensichtlich wird die Signalpegelminderung durch die absorbierende Decke von dem drastisch gesunkenen Grundgeräuschpegel aufgefangen, so dass auch an entfernten Hörerpositionen ein ausreichender, zumeist sogar verbesserter Signal-Rausch-Abstand zur Verfügung steht.

Dabei stößt eine reflektorfreie Raumgestaltung mit wachsender Raumgröße an ihre Grenzen. Erinnert sei in diesem Zusammenhang an die Anmerkungen in der DIN 18041, nach welcher vollflächige Absorberverkleidungen nur bis zu einer Raumgröße von etwa 250 m³ empfehlenswert sind. Bewährt ist als Richtwert auch eine Raumlänge von bis etwa 9 m. In kürzeren Räumen sind vollflächig absorbierende Deckenverkleidungen aufgrund der dann ausreichenden Direktschallversorgung im Allgemeinen unproblematisch.

Bei längeren bzw. größeren Räumen sollte unbedingt eine konkrete Berechnung durch ein Akustik-Ingenieurbüro durchgeführt werden!



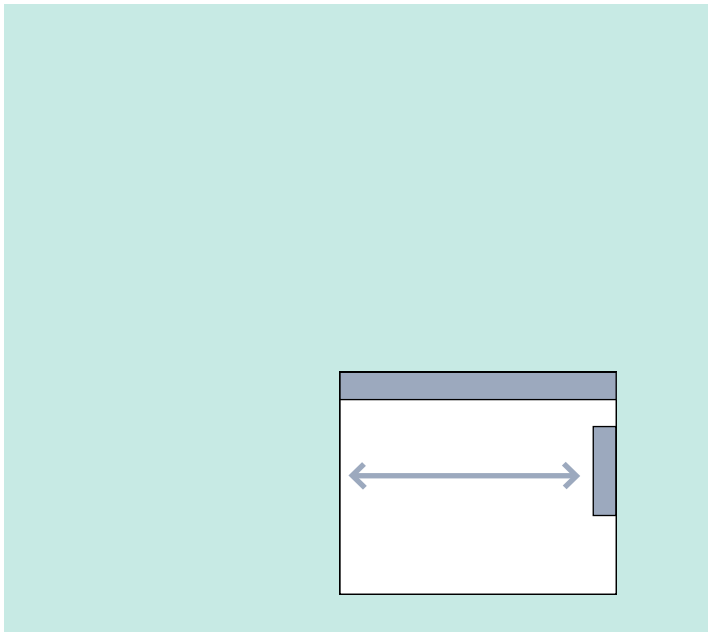


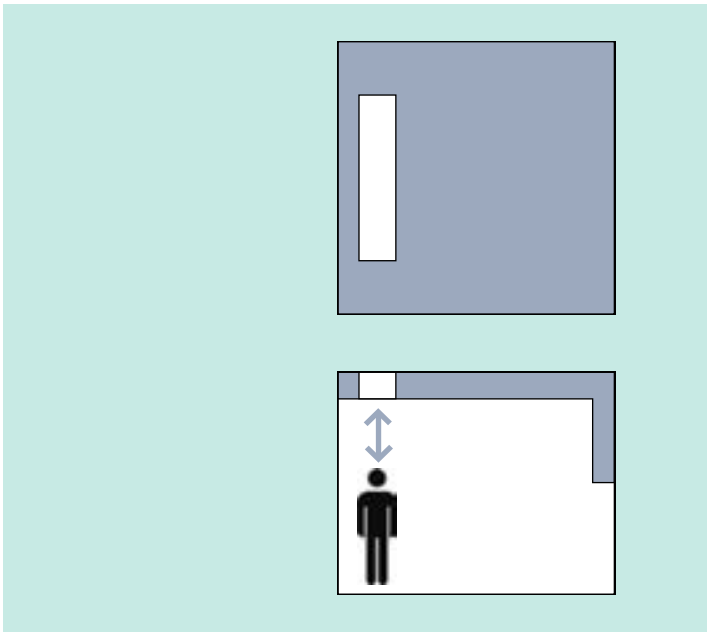
3. Gestaltung einzelner Funktionsflächen

Die starke Dämpfung eines Raumes an nur einer Fläche kann vor allem bei wenig diffusen Räumen auch unerwünschte Folgen haben:

a) Zur Vermeidung hörbarer Flatterechos ist deshalb gerade in den üblicherweise spärlich möblierten Klassenräumen dringend eine absorbierende Gestaltung wenigstens einer Wandfläche (z. B. durch offene Möblierung, absorbierende Pinnwände etc.) zu empfehlen.

b) Die Eingewöhnung an eine stark gedämpfte Raumcharakteristik lässt sich für den Lehrer/die Lehrerin erleichtern, wenn man über einer definierten Sprecherposition (z. B. im Tafelbereich) einen kleinen Reflektor anordnet, der dem Sprecher eine akustische Rückmeldung über die eigene Stimme und Lautstärke zur Verfügung stellt (ohne sich über die Schülerarbeitsplätze auszudehnen; vgl. 2.). Diese Maßnahme ist allerdings nur bei überwiegend frontalem Unterricht sinnvoll und erfordert, dass bereits in der Planungsphase eine solche Position dauerhaft benannt werden kann.





Es ist also mit überschaubarem Aufwand möglich, Klassenräume so zu gestalten, dass sie den Erfordernissen eines modernen Unterrichts mit seiner ganzen methodischen Vielfalt Rechnung tragen. Die in der neueren Literatur dokumentierten Effekte im Unterrichtsgeschehen sind verblüffend und rechtfertigen erneut den Hinweis, dass eine optimale Klassenraumakustik eine zentrale ergonomische Ressource für den Lehr- und Lernerfolg in unseren Schulen darstellt.

9 Konsequenzen und Ausblick

Eine veränderte Pädagogik, verbunden mit einer steten Zunahme differenzierter Arbeitsformen und einer entsprechenden Abnahme des Frontalunterrichts, kann bedeuten, dass Schulgebäude, die seit vielen Jahrzehnten gut ›funktioniert‹ haben, einer Neubewertung bedürfen. Neue Unterrichtsformen stellen eben auch andere Anforderungen an die ergonomischen Rahmenbedingungen.

Selbstredend wäre es dabei völlig absurd zu behaupten, Lehrerinnen und Lehrer hätten keinen Einfluss auf die Geräuschentwicklung in ihren Klassenzimmern. Natürlich haben sie ihn – und sie müssen ihn nutzen. Im Forschungsbericht zur Studie ›Lärm in Bildungsstätten‹[2] werden diese Einflussmöglichkeiten eingehend behandelt. In der Untersuchung wurde gleichzeitig die Größenordnung sichtbar, in der Pegelminderungen durch pädagogische Interventionen einzelner Lehrkräfte innerhalb einer kürzeren Zeit zu erwarten sind: ca. 2 dB. Gleichzeitig waren jedoch bei vergleichbaren raumakustischen Bedingungen und vergleichbarer Sozialstruktur der Schülerschaft vergleichsweise große Unterschiede (5 bis 6 dB) im Geräuschpegel zwischen einzelnen Schulen feststellbar. Die Zusammenhänge waren dabei leicht identifizierbar: Wirklich leise waren nur jene Schulen, in denen das Kollegium ein einheitliches pädagogisches Konzept verfolgte. Wenn nicht nur in allen Klassenzimmern und während des Unterrichts die gleichen Verhaltensregeln gelten, sondern darüber hinaus in allen Bereichen der Schule, und die Kinder – egal welcher Lehrkraft sie auch begegnen – bei Nichteinhalten dieser Regeln mit der gleichen Reaktion zu rechnen haben, schlug sich das in den gemessenen Geräuschpegeln nachhaltig nieder. Das Rezept ist also ebenso einfach wie Erfolg versprechend, bedarf allerdings eines gemeinschaftlich handelnden und gegenseitig solidarischen Kollegiums.

Studie ›Lärm in Bildungsstätten‹ (2004): Das stolze Team der ›wissenschaftlichen Mitarbeiter‹ nach erfolgreicher Vermessung ihres Klassenraums

Die schulorganisatorischen und die persönlichen Beiträge der einzelnen Lehrkraft sind für eine effiziente Lärmminderung in der Schule in jedem Fall unverzichtbar. Die ergonomischen Bedingungen liefern dabei den notwendigen Rahmen für die pädagogischen Aktivitäten im Schulalltag. Beide Aspekte lassen sich nicht durch den jeweils anderen ersetzen und gegeneinander ausspielen – sie bedingen sich gegenseitig und müssen zusammenspielen, damit Unterricht, insbesondere im Kontext einer veränderten Kommunikation, funktionieren kann.

2 Schönwälder, H.-G.; Berndt, J.; Ströver, F.; Tiesler, G.: Lärm in Bildungsstätten – Ursachen und Minderung. Schriftenreihe der BAuA Fb 1030, Dortmund, 2004

Literatur und Links

Schönwälder, H.-G.; Berndt, J.; Ströver, F.; Tiesler, G.: Belastung und Beanspruchung von Lehrerinnen und Lehrern. Schriftenreihe der BAuA Fb 989, Dortmund, 2003

Schönwälder, H.-G.; Berndt, J.; Ströver, F.; Tiesler, G.: Lärm in Bildungsstätten – Ursachen und Minderung. Schriftenreihe der BAuA Fb 1030, Dortmund, 2004

Oberdörster, M.; Tiesler, G.: Akustische Ergonomie der Schule. Schriftenreihe der BAuA Fb 1071, Dortmund, 2006

McKenzie, D.; Airey, S.: Classroom acoustics. A research project. Summary report. Edinburgh: Heriot-Watt-University (Dept. of Building Engineering and Surveying), 1999

Klatte, M.; Meis, M.; Nocke, C.; Schick, A.: Lernumwelt = Lärmumwelt?! Akustische Bedingungen in Schulen und ihre Auswirkungen auf das Lernen. Grundschule 2 (2004), 38–40

Pekkarinnen, E.; Viljanen, V.: Acoustic conditions for speech communication in classrooms. Scand. Audiol. 20 (1991), 257–263

DIN 18041: Hörsamkeit in kleinen bis mittelgroßen Räumen. Berlin: Beuth Verlag, 2004

www.baua.de
www.inqa.de
www.bzga.de
www.lernen-statt-laermen.de
www.schulakustik.de
www.stiftung-zuhoeren.de
www.schule-des-hoerens.de
www.dega-akustik.de
www.ufu.de
www.keibel.de
www.schluss-mit-laerm.de

Impressum

Lärm in Bildungsstätten

Autoren:
Dr. Gerhart Tiesler, Institut für Interdisziplinäre Schulforschung der Universität Bremen
Dr. Markus Oberdörster, Konzeptentwicklung, Saint-Gobain Ecophon GmbH

redaktionelle Mitarbeit:
Dr. Peter Becker, Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin
Dr. Maria Klatte, Universität Oldenburg, Institut für Psychologie
Dr. Ulrike Bollmann, BG-Institut Arbeit und Gesundheit
Dr. Rainulf Pippig, Landesamt für Arbeitsschutz, Brandenburg

Geschäftsstelle der Initiative Neue Qualität der Arbeit
Friedrich-Henkel-Weg 1–25 D-44149 Dortmund
Telefon +49.231.9071-2250 Fax +49.231.9071-2363 inqa@baua.bund.de www.inqa.de

Herausgeber:
Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin
Friedrich-Henkel-Weg 1–25 D-44149 Dortmund
Telefon +49.231.9071-0 Fax +49.231.9071-2454 poststelle@baua.bund.de www.baua.de

Gestaltung: GUD – Helmut Schmidt, Braunschweig
Foto: Mit freundlicher Genehmigung entnommen: Ecophon (Hrsg.): Mit allen Sinnen lernen. Akustische Ergonomie in Bildungsstätten. Lübeck 2006
Fotos auf den Seiten 4, 13, 16: FOX-Fotoagentur – Uwe Völkner, Lindlar
Herstellung und Druck: Wirtschaftsverlag NW – Verlag für neue Wissenschaft GmbH, Bremerhaven

Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit vorheriger Zustimmung der BAuA
1. Auflage, Mai 2006
ISBN 3-88261-508-7

Initiative Neue Qualität der Arbeit

inqa.de

baua:
Bundesanstalt für Arbeitsschutz
und Arbeitsmedizin

Geschäftsstelle der Initiative Neue Qualität der Arbeit
c/o Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin
Friedrich-Henkel-Weg 1–25 D-44149 Dortmund
Telefon +49.2 31.90 71-22 50 Fax +49.2 31.90 71-23 63
inqa@baua.bund.de
www.inqa.de