

H.-G. Schönwälder
J. Berndt
F. Ströver
G. Tiesler

**Lärm in Bildungsstätten
– Ursachen und Minderung**

Diese Veröffentlichung ist der Abschlussbericht für das Projekt „Lärm in Bildungsstätten - Ursachen und mögliche Maßnahmen zur Vermeidung der Folgen“ - Projekt F 1409 - im Auftrag der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.

Autoren: Prof. Dr. phil. Hans-Georg Schönwälder
Prof. Dr. med. Jörg Berndt
Dipl.-Ing. (FH) Frauke Ströver
Dipl.-Ing. Gerhart Tiesler

Universität Bremen
Institut für interdisziplinäre Schulforschung (ISF) / FB 11
Grazer Str. 4/3040, D-28359 Bremen

Verlag/Druck: Wirtschaftsverlag NW
Verlag für neue Wissenschaft GmbH
Bürgermeister-Smidt-Str. 74-76, D-27568 Bremerhaven
Postfach 10 11 10, D-27511 Bremerhaven
Telefon: (04 71) 9 45 44 - 0
Telefax: (04 71) 9 45 44 - 77
E-Mail: info@nw-verlag.de
Internet: www.nw-verlag.de

Herausgeber: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin
Friedrich-Henkel-Weg 1-25, D-44149 Dortmund
Telefon: (02 31) 90 71 - 0
Telefax: (02 31) 90 71 - 24 54
E-Mail: poststelle@baua.bund.de
Internet: www.baua.de

Berlin:
Nöldnerstr. 40-42, D-10317 Berlin
Telefon: (0 30) 5 15 48 - 0
Telefax: (0 30) 5 15 48 - 41 70

Dresden:
Proschhübelstr. 8, D-01099 Dresden
Telefon: (03 51) 56 39 - 50
Telefax: (03 51) 56 39 - 52 10

Alle Rechte einschließlich der fotomechanischen Wiedergabe und des auszugsweisen Nachdrucks vorbehalten.

ISSN 1433-2086
ISBN 3-86509-210-1

Inhaltsverzeichnis

Seite

Kurzreferat	6
Abstract	7
Résumé	8
1 Lärm in Bildungsstätten – einige Vorbemerkungen	9
1.1 Lärm als krankheitsauslösender Faktor	9
1.2 Lärm in Einrichtungen der Bildung und Weiterbildung	10
1.3 Auswirkungen von Lärm mittlerer Intensität (50 – 85 dB(A))	11
1.4 Akustische Rahmenbedingungen in Bildungsstätten	12
1.5 Lärmbelastung von LehrerInnen und SchülerInnen	13
1.6 Aktuelle Situation im Problemfeld	14
2 Untersuchungsfelder	15
2.1 Klassenraumakustik	15
2.2 Ergonomie	15
2.3 Unterrichtspädagogik	16
2.4 Sozialpsychologie und Sozialpädagogik	17
2.5 Medizin/Biopsychologie	18
3 Methoden	19
3.1 Raumakustische Merkmale	19
3.2 Geräuschpegel während des Unterrichts	22
3.3 Unterrichtsbeobachtung	23
3.4 Lärmempfindlichkeit	27
4 Ergebnisse: Akustische Merkmale von Unterrichtsräumen	28
4.1 Beteiligte Schulen	28
4.2 Akustische Merkmale von Klassenräumen	32
4.3 Raumakustische Merkmale von Sonderräumen	37
4.4 Schallpegel im Unterricht	39
4.4.1 Allgemeine Übersicht	39

4.4.2	Schallpegel im Unterricht in den einzelnen Schulen	43
4.4.3	Unterrichtsschallpegel und Klassenstufe	45
4.4.4	Geräuschpegel in Grundschulklassen in unterschiedl. Schulen	47
4.4.5	Geräuschpegel in der Sekundarstufe I	50
4.5	Schallpegel und Unterrichtsmerkmale	53
4.5.1	Störungen	53
4.5.2	Sozialform des Unterrichts	56
4.5.2.1	Vorkommen unterschiedlicher Sozialformen in den beobachteten Unterrichtsstunden	56
4.5.2.2	Sozialform des Unterrichts und Unterrichts–Schallpegel	60
4.5.3	Sprechen im Unterricht	62
5	Interventionen zur Reduzierung von Geräuschpegeln	63
5.1	Bauliche Maßnahmen zur Akustischen Sanierung	63
5.1.1	Normative Vorgaben	63
5.1.2	Die raumakustischen Anforderungen – Das Planungsziel	64
5.1.3	Weitere funktionale Anforderungen	65
5.1.4	Die baulichen Maßnahmen	67
5.1.5	Auswirkungen auf Raumakustik und Schallpegel; Schule I	69
5.1.6	Auswirkungen auf Raumakustik und Schallpegel; Schule V	74
5.2	Pädagogische Maßnahmen zur Reduzierung des Geräuschpegels	76
5.2.1	"Pädagogischer Stil": Das Konzept der Schulen III und V	76
5.2.2	Lärminderung durch ein Lernprojekt im Fach Sachkunde	79
5.2.2.1	Konzept des Projektes	79
5.2.2.2	Ergebnisse	81
6	Einzeluntersuchungen	84
6.1	Methoden	84
6.2	Untersuchungen des Ohres und der Hörfähigkeit	88
6.2.1	Höranamnese und otoskopische Untersuchungen	88
6.3	Audiometrie	89
6.4	Lärmempfindlichkeit	96
6.4.1	Fragebogen der Lärmempfindlichkeit	96
6.4.2	Lärmempfindlichkeit im Unterricht	98

6.4.3	Störung durch Unterrichtsgeräusche	102
6.5	Untersuchungen zum Umgang von Lehrerinnen und Lehrern mit Geräuschen	104
6.5.1	Reaktion auf "Schulgeräusche" im Labor	105
6.5.2	Hörgewohnheiten	108
6.5.3	Sprechlautstärke	112
6.5.4	Heiserkeitsdiagramm	113
7	Fazit	116
7.1	Geräuschsituation in Bildungsstätten	116
7.2	Verbesserung der Raumakustik	118
7.3	Pädagogische Intervention zur Lärminderung	118
7.3.1	Pädagogische Konzepte der Lärminderung	119
7.3.2	Lärminderung durch Aufklärung und optische Geräuschpegelanzeige	120
7.4	Bedeutung der Interventionsmaßnahmen	120
7.5	Lärm und Belastung von Lehrerinnen und Lehrern	123
7.5.1	Lärm als Stressor	123
7.5.2	Befunde aus Einzeluntersuchungen: Lärmempfindlichkeit	125
7.5.3	Lärmempfindlichkeit	125
7.5.4	Lärm und Hörfähigkeit	126
7.6	Einrichtungen der Erwachsenenbildung	127
8	Literaturverzeichnis	130
9	Verzeichnis der Abbildungen	134
10	Verzeichnis der Tabellen	137
11	Anhang	138
12	Nachwort	148

Lärm in Bildungsstätten

Kurzreferat

Über Probleme der akustischen Arbeitsumgebung in Einrichtungen der Aus- und Weiterbildung wird zunehmend geklagt. Die vorliegende Studie ist diesen Problemen am Beispiel von 4 Grundschulen und 1 Schule der Sekundarstufe I des öffentlichen Schulsystems nachgegangen: In allen diesen Schulen wurden exemplarisch in einigen Klassenräumen (N=30) die raumakustischen Merkmale (Nachhallzeiten; Sprachverständlichkeitsindex) überprüft. Ferner wurden in insgesamt 565 Unterrichtsstunden des 1. bis 10. Schuljahres alle geräuschwirksamen Ereignisse durch je 2 Beobachterinnen oder Beobachter registriert; gleichzeitig wurde der Geräuschpegel kontinuierlich aufgezeichnet. Die Ergebnisse:

1. Wenige Klassenräume genügten den (inzwischen überholten) Vorgaben für Unterrichtsräume der DIN 18041 von 1965; kein einziger erfüllte die Bedingungen der inzwischen gültigen DIN 18041 von 2004.
2. Durch bautechnische Sanierung von drei Modell-Klassenräumen konnte eine Anpassung an die Maßstäbe der DIN 18041 von 2004 erreicht werden.
3. Während des Unterrichts wurden Geräuschpegel zwischen 50-60 dB(A) in den seltenen Phasen der Stillarbeit und 60 bis über 80 dB(A) in Phasen, in denen Unterrichtsgespräche dominierten, registriert. Die menschliche Stimme erwies sich als die wichtigste wirksame Geräuschquelle.
4. Die Lautstärke der Unterrichtsgeräusche hängt mit dem Alter der Schüler zusammen.
5. Durch gründliches Verhaltenstraining schon der Schulanfänger kann erreicht werden, dass die Unterrichts-Schallpegel spürbar absinken; später durchgeführte Maßnahmen waren deutlich weniger wirksam.

Die Beschwerden über die akustischen Arbeitsbedingungen erweisen sich als berechtigt; bautechnische Sanierungsmaßnahmen von Klassenräumen gemeinsam mit rechtzeitig durchgeführtem Verhaltenstraining sind geeignet, derartige Probleme spürbar zu vermindern.

Schlagwörter:

Schullärm, Raumakustik, Sprachverständlichkeit, Lärmbelastung, Nachhallzeit, Arbeitsbedingung, DIN 18041

Noise in educational institutions

Abstract

Educational institutions have more and more problems with acoustical working environment. The present study analysed the problems in 4 elementary schools and 1 secondary school. In these schools several classrooms (N=30) were analysed for reverberation time and speech transmission index. Additionally the sound pressure level (SPL) was monitored for 565 lessons, also all activities, relevant for noise, were registered by two observers inside the classroom. The results:

1. Only a few of the classrooms comply with the standards of the DIN 18041 of 1965, no classroom with the actual DIN 18041 of 2004
2. 3 model classrooms comply with the standard of the actual DIN 18041 after structural sanitation
3. During lessons SPL from 50 to 60 dB(A) in phases of silent work and 60 to 80 dBA during conversation was measured. The most important source of noise is the human voice.
4. SPL during lessons depends on the age of the students, younger students produce more noise than older ones.
5. Intensive behaviour training with school-beginners has the effect of reducing noise level, training in higher classes shows a lower effect.

Complaints about bad acoustical working environment seems to be valid; structural sanitation of classrooms combined with early behaviour training is most suitable for reducing such noise problems.

Key words:

Noise in school, room acoustic, speech intelligibility, reverberation time, working environment, DIN 18041

Bruit dans les établissements scolaires

Résumé

On se plaint de plus en plus des problèmes concernant les conditions acoustiques dans les centres de formation scolaire. Dans le cas présent, il s'agit d'une étude réalisée dans 4 écoles primaire et 1 établissement du Premier cycle. Dans tous ces établissements on a contrôlé d'une manière exemplaire les phénomènes acoustiques (temps de résonance, index d'intelligibilité) dans quelques salles de classe (N = 30). De plus, 2 observatrices ou observateurs ont enregistré pendant 565 heures de cours toutes les manifestations sonores ainsi que le niveau sonore. Résultats:

1. Quelques salles de classe correspondaient aux normes (désormais périmées) DIN 18041 établies en 1965; aucune salle n'était conforme aux dispositions DIN 18041 en vigueur depuis 2004.
2. Grâce à un assainissement architectural, 3 salles de classe modèles correspondent maintenant aux critères DIN 18041 de 2004.
3. Pendant les heures de cours on a enregistré un niveau sonore de 50-60 dB(A), ceci dans les rares phases de travail silencieux, et de 60 à plus de 80 dB(A) dans les phases de cours dominées par la conversation. Il s'est avéré que la voix humaine est la source de bruit la plus importante.
4. Il ya un rapport entre L'intensité sonore des bruits produits pendant les cours et l'âge des élèves.
5. L'entraînement comportemental des plus jeunes élèves peut contribuer à diminuer considérablement le niveau sonore en classe; des mesures effectuées plus tard sont moins efficaces.

Les dénonciations des conditions acoustiques de travail sont tout à fait justifiées; pour réduire ces problèmes, il faut prendre des mesures architecturales et entamer un entraînement comportemental des enfants le plus tôt que possible.

Mots clés:

Bruit dans les établissements scolaires, acoustique, intelligibilité, pollution sonore, temps de résonance, conditions de travail, DIN 18041

1 Lärm in Bildungsstätten – einige Vorbemerkungen

1.1 Lärm als krankheitsauslösender Faktor

Lärm

„...ist ein unerwünschtes Geräusch, das zu einer Belästigung, Störwirkung, Beeinträchtigung der Leistungsfähigkeit, besonderen Unfallgefahren oder Gesundheitsschäden führt.“ (HOFFMANN, VON LÜPKE, MAUE, 1999).

Wo Menschen leben, arbeiten, miteinander kommunizieren oder Freizeitaktivitäten nachgehen, entstehen Geräusche unterschiedlicher Qualität und Intensität. Wenn solche Geräusche von den in dem vorstehenden Zitat bezeichneten Nebenwirkungen begleitet sind, werden sie als „Lärm“ bezeichnet. Manchmal, bei der Bearbeitung fester Materialien wie Holz oder Metall, beim Einsatz von Maschinen in der Produktion, leistungsstarker Motoren und Triebwerken in Fahrzeugen oder Flugzeugen oder bei der Verstärkung von Musik durch elektronische Geräte und Wiedergabe über Lautsprecher werden die von Menschen und ihren Werkzeugen produzierten Geräusche so intensiv und laut, dass sie die Schallrezeptoren, die empfindlichen Haarzellen im Innenohr, beschädigen. Vorübergehende oder dauerhafte Schwerhörigkeit („Lärmschwerhörigkeit“) kann die Folge sein. Mit diesem Phänomen sind wir seit langem vertraut; insbesondere die Arbeitsmedizin hat sich intensiv mit der in Arbeitsprozessen durch hohe Schallintensitäten verursachten Innenohr-Schwerhörigkeit auseinandergesetzt; immer wieder sind Fachtagungen den gesundheitsschädlichen Auswirkungen von Lärm gewidmet worden (z.B. ISING und KRUPPA, 1993). In diesem Zusammenhang ist auch deutlich geworden, dass hohe Geräuschpegel Stressphänomene und Krankheitserscheinungen auch außerhalb des Hörorgans („extra-aural“) auslösen können. Beispiele dafür dokumentiert der TAGUNGSBERICHT NR. 12 (LÄRM AM ARBEITSPLATZ UND HERZ-KREISLAUF-ERKRANKUNGEN) der BUNDESANSTALT FÜR ARBEITSMEDIZIN (1996).

Als Voraussetzung für einen lärmbedingten Innenohrschaden (und für die Anerkennung als Berufskrankheit) wird im allgemeinen eine mehrjährige Exposition im Bereich von mindestens 85 - 90 dB(A) und darüber gewertet (das entspricht etwa dem

Geräuschpegel des Straßenverkehrs auf einer vielbefahrenen Verkehrsstraße, der Schallintensität, die von manchen Maschinen zur Metall- oder Holzbearbeitung (z.B. Motorsägen) oder Pressluft-Meißeln im Straßenbau ausgeht). Um die Lärmschwerhörigkeit zu verhindern, wird deshalb an „Lärmarbeitsplätzen“ in der Produktion, im Straßenbau, auf Flughäfen, in Hubschraubern usw. vorgeschrieben, dass Maschinen und Motoren mit Schalldämmungsvorrichtungen zur Verminderung der Schall-emission ausgerüstet sein müssen; für Menschen, die an solchen lärmbelasteten Orten arbeiten, wird die Bereitstellung von geeigneten Hilfsmitteln wie z.B. Gehörschutzkapseln („Mickeymäuse“) und Schallschutzhelme gefordert; zugleich wird von Betriebsleitungen, Sicherheitsingenieuren und ähnlich verantwortlichen Personen erwartet, dass sie für deren Benutzung Sorge tragen und diese auch überwachen (z.B. UVV LÄRM 1997).

1.2 Lärm in Einrichtungen der Bildung und Weiterbildung

Ein wenig überraschend erscheint es im Vergleich dazu, wenn im Zusammenhang mit beruflicher Belastung von „Lärm in Bildungseinrichtungen“ gesprochen wird. Den größten Anteil solcher Einrichtungen stellen sicherlich die öffentlichen Schulen und Hochschulen dar, die oft gleichzeitig für Zwecke der Fort- und Weiterbildung genutzt werden, aber auch andere Weiterbildungsstätten unter der Regie von Wirtschaft, Gewerkschaften oder gemeinnützigen oder öffentlichen Trägern. Auch viele Aktivitäten der Bundeswehr und die dafür geschaffenen Bauten können den „Bildungseinrichtungen“ hinzugerechnet werden. Schulen stehen im Vordergrund der Untersuchung, über die hier berichtet wird, weil sie mit ihrer kindlichen und jugendlichen Klientel in besonderem Maß schutzbedürftige Menschen betreuen und weil der Berufsstand der Lehrerinnen und Lehrer die größte Berufsgruppe im Bildungsbereich darstellt. Weder Lehrkräfte noch die lernenden Nutznießer von Bildungseinrichtungen traten allerdings bisher in den Gruppen der (beruflich) Lärmgeschädigten auf. Auch wurde nie der Verdacht geäußert, Beurteilungspegel von 80 dB(A) könnten in Bildungs- und Ausbildungsstätten so oft überschritten werden, dass eine jahre- und jahrzehntelange Exposition zu einer Lärmschwerhörigkeit von dort arbeitenden Menschen führen könnte. Dieser Sachverhalt ist z.B. durch eine von RITTERSTAEDT, PAULSEN UND KASKA (1980) in Schulen durchgeführte Untersuchung aufgeklärt worden: In Grund- und Hauptschulen des regulären Schulsystems wurden während der

Unterrichtsstunden und in Pausen Schallpegelwerte (Mittelwerte) zwischen ca. 50 und 80 dB(A) registriert, aber Messwerte oberhalb 85 dB(A) traten nicht einmal bei Spitzenwert-Messungen regelmäßig auf. Die Holz- und Metallwerkstätten von Berufsschulen machen da manchmal eine Ausnahme (SCHÖNWÄLDER et al., 2003) und können sogar gelegentlich die Benutzung von Schall- und Gehörschutz-Hilfsmitteln erforderlich machen, aber im Prinzip scheint zu gelten, dass der „Lärm in Bildungseinrichtungen“ hauptsächlich im Intensitätsbereich unterhalb von 85 dB(A) auftritt, dass demnach Innenohrschäden nicht zu seinen typischen Folgen zählen, und dass die Auswirkungen dieses „weniger lauten“ oder „weniger intensiven“ Lärms einer gesonderten Betrachtung bedürfen.

Immerhin behaupteten in einer Untersuchung von SCHÖNWÄLDER et. al. (2003) 80 % aller befragten 1159 Lehrerinnen und Lehrer, dass „der Lärm, den Schülerinnen und Schüler machen“ ein beruflicher Belastungsfaktor sei. 73 % gaben an, dass sie diesen Lärm gegenwärtig (zum Zeitpunkt der Umfrage) schwerer ertragen als zu Beginn ihrer Berufstätigkeit.

SCHÖNWÄLDER et al. (2003) konnten allerdings nicht die Frage beantworten, worin der Belastungscharakter des Schüllärms liege, und auch RITTERSTAEDT, PAULSEN UND KASKA (1980) äußerten kaum mehr als unverbindliche Vermutungen, welche Auswirkungen die von ihnen registrierten Unterrichts-Geräuschpegel denn nun eigentlich haben.

1.3 Auswirkungen von Lärm mittlerer Intensität (50 – 85 dB(A))

Hilfestellung leistet ein Beitrag von CHARLOTTE SUST aus dem Jahr 1987: Sie hat darin Auswirkungen von „Geräuschen mittlerer Intensität“ (ca. 50 – 85 dB(A)) auf der Grundlage einschlägiger Untersuchungen aus einem Jahrzehnt (1975 – 1985) zusammengestellt; dabei waren es vor allem Leistungen des Gedächtnisses und der Aufmerksamkeit wie auch Leistungen bei der Lösung kognitiver und sensumotorischer Aufgaben, die durch Geräusche in diesem Intensitätsbereich (im Vergleich zu „Ruhe“, also einer Geräuschumgebung bis 45 dB(A)) in der Regel behindert wurden. Neben solchen funktionellen Beeinträchtigungen wurden auch vegetative Reaktionen beschrieben – insbesondere im Bereich der sog. „Aktivierungsparameter“ (Herzrate,

Katecholaminausschüttung). Solche Parameter reagierten auch darauf, wenn Geräusche als „lästig“ oder als „stressend“ empfunden werden und sind damit unter bestimmten Umständen auch Indikatoren für psychosomatische Prozesse, die wiederum Vorläufer psychosomatischer Krankheiten sein können.

1.4 Akustische Rahmenbedingungen in Bildungsstätten

Besonders für menschliche Handlungsfelder, die vorrangig auf Aus- und Weiterbildungsprozesse abzielen und damit Schulen und andere Bildungseinrichtungen einschließen, haben SUST und LAZARUS (1997) das Spektrum der Auswirkungen von „Lärm mittlerer Intensität“ ausgedehnt auf den Bereich der menschlichen (verbal-auditiven) Kommunikation, die in Aus- und Weiterbildung ein zentrales Medium des Informationsaustausches ist. SUST und LAZARUS wiesen auf akustische Randbedingungen für solche Bildungsprozesse hin, z.B. Nachhallzeiten und Kennwerte der Sprachverständlichkeit (z.B. „Speech Transmission Index“, [STI]) in Unterrichtsräumen, niedrige Hintergrund-Geräuschpegel für anstrengungsfreies Sprechen bei gleichzeitig hundertprozentiger Verständlichkeit. Insbesondere räumten sie mit der Vorstellung auf, „Unterricht“ könne entsprechend der VDI-Richtlinie 2058 ohne weiteres bei einem Hintergrundpegel von 55 dB(A) stattfinden; zumutbare Bedingungen für Sprachanstrengung und Verständlichkeit sahen sie erst bei einem 10fach niedrigeren Pegel von 30 – 35 dB(A) als gegeben an. Sie zeigten, dass die besonderen Anforderungen, die angesichts der Bedeutung der verbal-auditiven Kommunikation im Schulunterricht und in anderen Ausbildungsbereichen an die Verständlichkeit der gesprochenen Sprache zu stellen seien, eine Neubestimmung akustischer Merkmale (Basis-Geräusch-Pegel, Nachhallzeiten) notwendig machten; so empfehlen sie im Weiterbildungsbereich mindestens die Werte einzuhalten, wie sie in der Arbeitsstättenverordnung für Büroarbeitsplätze vorgeschrieben sind (Geräusch-Beurteilungspegel 55 dB(A)), in Schulen aber weit darunter zu gehen (Grundgeräuschpegel 30 – 35 dB(A)), dies vor allem, um den Lehrkräften das Sprechen mit „normaler“ bis allenfalls „angehobener“ Stimmlage bei „gutem“ bis „sehr gutem“ Sprachverständnis möglich zu machen. Untersuchungen aus Kanada (EDWARDS, 1999), Finnland (PEKKARINEN und VILJANEN, 1991) und Großbritannien (MCKENZIE und AIREY, 1999)

zeigen, dass solche Rahmenbedingungen auch außerhalb Deutschlands oft nicht erfüllt sind.

1.5 Lärmbelastung von LehrerInnen und SchülerInnen

Im Jahr 1999 sahen sich A. SCHICK und seine Mitarbeiter veranlasst, eine Übersicht über den damaligen Forschungsstand zum Thema „Lärmbelastung von Lehrern und Schülern“ zusammenzustellen. Grund dafür war, dass inzwischen eine überregionale Diskussion über die „akustischen“ Arbeitsbedingungen an Schulen zustande gekommen war, dass sich der Forschungsstand zu diesem Problemfeld aber als defizitär erwies: Nach wie vor konzentrierte sich die arbeitswissenschaftliche Lärmforschung mehrheitlich auf gewerbliche Arbeitsplätze, auch waren Kinder und Jugendliche bei der Analyse von Lärmfolgen meist ausgenommen. SCHICK et al. wiesen deshalb vor allem darauf hin, dass in den seltenen „schulnahen“ Untersuchungen oft akustische Bedingungen (auch international) vorgefunden wurden, die der Sprachverständlichkeit abträglich waren, z.B. durch zu hohe Schallpegel oder durch ungünstige akustische Merkmale der Klassenräume (Nachhallzeiten); manchmal konnte auch der für die Verständlichkeit sprachlich übermittelter Information erforderliche Signal-Rausch-Abstand zum Grundgeräusch-Pegel von 9 - 10 dB(A) (in der Grundschule 11 – 15 dB(A)) nicht erreicht werden.

Im selben Jahr wie der Forschungsstand-Bericht von SCHICK und Mitarbeitern erschien auch (in der deutschen Fassung; im Original bereits 1997) der Bericht von MCKENZIE und AIREY (1999) über eine an der Edinburger HERIOT-WATT-UNIVERSITÄT veranlasste Untersuchung über „Akustik in Klassenzimmern“, der sich intensiv mit raumakustischen Merkmalen und mit der Sprachverständlichkeit in englischen und schottischen Schulen auseinandersetzte und dort ähnliche Probleme für die verbal-auditive Kommunikation feststellte wie sie auch aus anderen Ländern berichtet wurden, bis hin zur Sprach-Unverständlichkeit an manchen Schüler-Sitzplätzen und zum dringenden „akustischen“ Sanierungsbedarf mancher Klassenzimmer.

1.6 Aktuelle Situation im Problemfeld

Dies ist ungefähr die Situation im Forschungsfeld „Schulakustik“, die wir vorfanden, als wir uns im Jahr 2000 entschlossen, uns mit einer Projektausschreibung der BUNDESANSTALT FÜR ARBEITSSCHUTZ UND ARBEITSMEDIZIN zum Thema „Lärmbelastung in Schulen“ auseinander zu setzen. Anlass dafür war, dass unmittelbar zuvor eine Untersuchung zur „Belastung und Beanspruchung von Lehrerinnen und Lehrern“ abgeschlossen worden war (SCHÖNWÄLDER, BERNDT, STRÖVER, TIESLER, 2003). In den Ergebnissen hatte sich „Lärm“ als ein von besonders vielen Lehrkräften (subjektiv) wahrgenommener Belastungsfaktor erwiesen und dadurch unsere Aufmerksamkeit auf Probleme der Schul-Akustik gelenkt.

Einige neuere Aktivitäten auf diesem Gebiet sind in den „ERGEBNISSEN DES NEUNTEN OLDENBURGER SYMPOSIUMS ZUR PSYCHOLOGISCHEN AKUSTIK“ (SCHICK, KLATTE, MEIS und NOCKE, 2003) dargestellt, das unter dem Oberthema „Hören in Schulen“ Beiträge verschiedener AutorInnen zu unterschiedlichen Aspekten der Klassenraum-Akustik zusammenstellte, die insgesamt ein etwas vollständigeres Bild von den inzwischen nachweisbaren Bemühungen um die Lösung der theoretischen und praktischen Probleme in diesem Forschungsfeld vermitteln. Parallel zu den dort gesammelten Berichten aus Bautechnik, Psychoakustik, Ergonomie, Medizin und Pädagogik gibt es inzwischen auch Berichte über die konkrete „akustische“ Umgestaltung von Schule und Unterricht. Für sie sollen hier stellvertretend der Sammelband von HUBER, KAHLERT und KLATTE (2002) über „die akustisch gestaltete Schule“ und die im Auftrag der BUNDESZENTRALE FÜR GESUNDHEITLICHE AUFKLÄRUNG (2001) von zwei AutorInnen-Teams unter dem Titel „Lärm und Gesundheit“ zusammengestellten Arbeitsmaterialien für Grundschulen und für 5. – 10. Klassen erwähnt werden, um zu zeigen, dass erste engagierte Versuche der konkreten Umsetzung des wachsenden Kenntnisstandes auf dem Gebiet der Schulakustik in praktische Maßnahmen erkennbar sind.

2 Untersuchungskfelder

Die Fragestellung nach „Lärmbelastung in Bildungsstätten“ umfasst, wie die Vorbemerkungen bereits gezeigt haben, mehrere Untersuchungskfelder:

2.1 Klassenraumakustik

Sie betrifft die Bedingungen der Schallausbreitung und Schallreflexion innerhalb von Unterrichtsräumen. Raumakustische Parameter (Nachhallzeiten, Sprachverständlichkeit) sind messtechnisch gut erfassbar und könnten, falls sie ungünstig ausfallen, mit relativ einfachen Mitteln verändert werden. Zur Beurteilung der Klassenraumakustik sind in möglichst vielen Klassenräumen (vor allem in denjenigen, in denen auch Geräuschphänomene während des alltäglichen Unterrichts gemessen werden sollen) raumakustische Parameter zu erfassen, die die akustischen Merkmale in denjenigen Schulen, die sich zur Mitarbeit in dem vorliegenden Projekt entschlossen haben, einzuschätzen erlauben.

Hier bietet sich an, exemplarisch eine „raumakustische Sanierung“ einzelner als besonders ungünstig aufgefallener Klassenräume zu erproben und die Auswirkungen auf Unterrichtsgeräusche und Unterrichtsablauf sowie den Verlauf von Belastungsprozessen und Unterrichtsabläufen im „Vorher-Nachher-Vergleich“ zu untersuchen.

2.2 Ergonomie

Die ergonomische Dimension konzentriert sich auf die Bedingungen der audioverbalen Kommunikation, die eine der Grundlagen vieler Lehr-Lernprozesse bildet und von der im günstigsten Fall zu fordern ist, dass sie innerhalb des Leistungsbereichs von Gehör und Sprache/Sprechen stattfinden kann und eine fehlerfreie Informationsübertragung gewährleistet. Neben den raumakustischen Merkmalen von Unterrichtsräumen sind hier auch als Bezugsbasis die Geräuschintensitäten in regulär (d.h. mit Lehrkraft und allen Schülerinnen und Schülern) besetzten Klassenräumen bei minimaler Geräuschentfaltung beobachtet worden; von diesem „basalen“ Geräuschpegel muss die menschliche Stimme sich im Signal-Rausch Abstand von 9 – 11 dB(A) (bei Grundschulkindern von 11 – 15 dB(A)) absetzen, um verständlich

zu sein. SUST und LAZARUS (1997) weisen darauf hin, dass dieser basale oder „Grundgeräuschpegel“ 30 – 35 dB(A) nicht überschreiten soll, um anstrengungsfreies Sprechen in „normaler“ Stimmlage (um 45 – 50 dB(A)) möglich zu machen. In der bereits erwähnten schottischen Untersuchung von MCKENZIE und AIREY (1999) waren zur Bestimmung des basalen Geräuschpegels Lehrkräfte und SchülerInnen aufgefordert worden, einige Sekunden nicht zu reden und sich auch sonst lautlos zu verhalten; wir haben uns entschlossen, an jedem Untersuchungstag (in jeder an diesem Tag untersuchten Schulklasse) den Minimalwert der $L_{Aeq,10s}$ -Aufzeichnung als Indikator für den Grundgeräuschpegel zu verwenden; weitere Hinweise über dessen Veränderung sind aus dem LA95, der für jede Unterrichtsstunde neu bestimmt wurde, abzuleiten.

2.3 Unterrichtspädagogik

Schule als Bildungseinrichtung hat die Aufgabe, „Unterricht“ zu veranstalten; in der Lehrfunktion von Lehrerinnen und Lehrern heißt das, Situationen zu entwickeln und zu organisieren, in denen in der Lernfunktion Schülerinnen und Schüler Gelegenheit haben, planmäßig ihr Wissen von Sachverhalten in der Welt und deren theoretischen und praktischen Zusammenhängen zu erweitern. Unterricht findet in verschiedenen didaktisch und methodisch begründeten und gestalteten Situationen statt, die alle das Ziel haben, ein bestimmtes Kontingent von Informationen theoretisch und/oder praktisch erfahrbar zu machen und im Weltverständnis bzw. im praktischen Umgang mit der Welt zu erproben und zu verankern. Unterricht provoziert eine Vielzahl menschlicher Aktivitäten, die mit geringfügiger (Schreiben, Handarbeiten) oder deutlicherer Geräuschentwicklung (Sprechen, Musik, Arbeitsgeräusche) verbunden sind und gemeinsam mit anderen Geräuschquellen das Geräuschmuster während des Schulunterrichtes bestimmen. Zu solchen „anderen“ Geräuschquellen sind Geräusche aus der übrigen Schule zu rechnen, durch Verkehr, Klima oder technische Einrichtungen ausgelöste Geräusche; vielfach handelt es sich dabei um „dysfunktionale“ Geräusche, die mit dem Unterrichtsgeschehen nichts zu tun haben und deshalb möglicherweise in besonderem Maß als Störgeräusche empfunden werden. Erfassung und Analyse von Unterrichts-Abläufen sind deshalb gemeinsam mit der Registrierung der daraus entstehenden Geräuschpegel eine zentrale Aufgabenstellung dieses Projektes.

2.4 Sozialpsychologie und Sozialpädagogik

Gruppen von Kindern erzeugen durch Rufen oder Schreien beachtliche Geräuschpegel, wie Alltagsbeobachtungen in Kindergärten, auf Schulhöfen oder in vielen anderen Situationen zeigen. Das scheint ein fast naturgesetzliches Phänomen zu sein und hängt mit der Bemühung zusammen, sich in einer Gruppe als Individuum Gehör zu verschaffen, als einzelnes Kind seine Bedürfnisse durchzusetzen, oder sich in der „Hackordnung“ einen angemessenen Platz zu sichern. Der so erzeugte Lärm ist für die in Schulen und im Unterricht angestrebte verbal-auditive Kommunikation hinderlich und wird zudem selbst in der häufigsten Erscheinungsform als „Lärm mittlerer Intensität“ von den Kindern selbst, aber auch von Lehrerinnen und Lehrern als Störung und Belästigung oder sogar als „Belastung“ wahrgenommen (schreiende Kinder können aber auch in den Bereich des „lauten“ Lärms geraten; gelegentlich werden dann auch Spitzenschalldruckpegel von 95 dB(A) und darüber gemessen). Dieses im Grundsatz sozialpsychologische Phänomen erweist sich einer sozialpädagogischen Intervention zugänglich, wie einzelne Lehrerinnen und Lehrer beweisen, denen es gelingt, bei den Schülerinnen und Schülern ein „geräuschgedämpftes“ Verhalten durchzusetzen, und ganze Schulen, die mit allen neuen Jahrgängen regelmäßige, vom ganzen Kollegium getragene Trainingsprogramme für ein angemessenes Verhalten in der Schule praktizieren und in denen die Geräuschpegel deutlich niedriger liegen als in vergleichbaren anderen Schulen, die solche Interventionsmaßnahmen nicht mit derselben Konsequenz anwenden.

Es gehört zu den Aufgaben dieses Projektes, Beispiele für solche pädagogischen oder sozialpädagogischen Interventionsmaßnahmen aufzufinden oder neu zu entwickeln und deren Wirksamkeit bezüglich des Lärms in Schulen zu prüfen. Dazu zählt z.B. das bereits erwähnte Trainingsprogramm, das in einer beteiligten Schule bei allen Schulanfängern eingesetzt wird; dazu zählen auch die spontan-reaktiven Versuche fast aller Lehrerinnen und Lehrer, Geräusche, die von den SchülerInnen ausgehen, durch geübte oder ad hoc benutzte Disziplinierungsrituale, auszuschalten oder zu reduzieren; dazu zählt aber auch ein in diesem Projekt entwickelter Versuch, Lärmkontrolle unter Einsatz eines Hilfsmittels (SoundEar) auf dem Wege eines sachunterrichtlichen Unterrichtsvorhabens zu etablieren.

2.5 Medizin/Biopsychologie

Mit „lautem“ Lärm setzt sich die Arbeitsmedizin vor allem wegen des Aspekts der lärmbedingten Schwerhörigkeit und der dadurch begründeten vorübergehenden oder dauerhaften Einschränkung der Arbeitsfähigkeit auseinander; die Einstufung als Berufskrankheit hat erhebliche finanzielle Auswirkungen, weil sie ggf. Rentenansprüche begründet.

„Geräusche mittlerer Intensität“, die für den „Arbeitsplatz Schule“ eher charakteristisch sind, erzeugen keine Lärmschwerhörigkeit, aber sie führen zu einer Überlastung des Stimmapparates (weil sie das Sprechen mit gesteigerter Stimm-Lautstärke erfordern), sie reduzieren die Sprachverständlichkeit und damit die Effizienz des Unterrichts; sie werden von Lehrerinnen und Lehrern als Belastungsfaktoren wahrgenommen. Für den Arbeitsprozess in der Schule erweisen sie sich als hinderlich. Als regelmäßig wiederkehrende Stressoren tragen sie auch zur Beeinträchtigung des Wohlbefindens, des Gesundheitszustandes oder der „psychophysischen Verfassung“ (SCHÖNWÄLDER et al., 2003) von Lehrerinnen und Lehrern bei.

Im vorliegenden Projekt sind arbeitsmedizinische Gesichtspunkte nicht berücksichtigt worden; es wurden aber mit Lehrerinnen und Lehrern orientierende otoskopische Untersuchungen und Messungen der Hörfähigkeit (Audiometrie) wie auch der Sprechlautstärke durchgeführt. Die Ergebnisse werden aber eher als ergonomische Faktoren (Rahmenbedingung für die verbal-auditive Kommunikation) betrachtet. In den meisten analysierten Unterrichtsstunden wurde darüber hinaus bei vielen der beteiligten Lehrkräfte die Herzfrequenz als Indikator für die psychophysische Beanspruchung fortlaufend registriert; ferner wurden die Lehrkräfte nach jeder Stunde aufgefordert, eine subjektive Einschätzung der subjektiv wahrgenommenen Lautstärke und des subjektiv empfundenen Ausmaßes der Störung durch den Geräuschpegel abzugeben.

3 Methoden

3.1 Raumakustische Merkmale

Die Beurteilung der akustischen Eigenschaften von Klassenräumen hat sich bisher an den Empfehlungen der DIN 18041 (1968) orientiert. Danach sollten in Unterrichtsräumen Nachhallzeiten von 0,6 sec. (bei 125 Hz) bis zu 0,9 sec. (bei 1000 Hz) gemessen werden. Inzwischen wurde z.B. von SUST und LAZARUS (1997) darauf hingewiesen, dass in Unterrichtsräumen sowohl eine optimale Sprachverständlichkeit gewährleistet als auch ein anstrengungsfreies Sprechen möglich sein müsse. Weitere kritische Anmerkungen sind dem bereits erwähnten Bericht zum Forschungsstand über „Lärmbelastung von Lehrern und Schülern“ (SCHICK et al. 1999) zu entnehmen. Dies führte dazu, dass die DIN 18041 in den letzten Jahren überarbeitet wurde und im April 2004 in einer Neufassung erschienen ist.

Darin sind die Grenzwerte der Nachhallzeiten in Abhängigkeit vom Raumvolumen (in m^3) für die drei Nutzungszwecke „Musik“, „Sprache“ und „Unterricht“ dargestellt; z.B. gilt für den Nutzungszweck „Unterricht“:

$$\text{Nachhallzeit } T_{\text{Soll}} = (0,32 \lg V[m^3] - 0,17) \text{ s}$$

Das ergibt für Schulklassenräume unterschiedlicher Raumvolumina z.B. folgende Nachhallzeiten (Tab. 3.1, Zeile 2), die entsprechend den Vorschlägen in der Neufassung der DIN 18041 für Klassenräume bis $250 m^3$ (Tab. 3.1, Zeile 3) und für erschwertes Sprachverständnis bei SchülerInnen, für die der Unterricht nicht in der Muttersprache erteilt wird oder die unter Aufmerksamkeitsstörungen leiden um jeweils 20% reduziert werden.

Daraus ergeben sich unter Berücksichtigung der realen Arbeitsbedingungen in Schulen (Tab. 3.1, Zeile 4) wünschenswerte Nachhallzeiten von 0,4 – 0,6 sec.; in Grund- und Vorschulen mit hoher Geräusentwicklung sind aber eher 0,3 sec. als optimal zu betrachten.

Tab. 3.1 Empfohlene Nachhallzeiten (sec) entsprechend DIN 18041 (2004) für Klassenräume unterschiedlicher Größe

1	Klassenraum-Volumen (m ³)	150	200	250	300	350	400
2	Nachhallzeit T _{Soll} unkorrigiert(sec.)	0,53	0,57	0,60	0,62	0,64	0,66
3	- 20 % für Räume bis 250 m ³	0,42	0,46	0,48	0,62	0,64	0,66
4	- 20 % für fremdsprachl. Unterricht - 20 % für Schüler mit ADS	0,34	0,37	0,38	0,50	0,51	0,53

Im Hinblick auf die Beurteilung der Sprachverständlichkeit gibt MOMMERTZ in einer persönlichen Mitteilung die in Tab. 3.2 wiedergegebenen Werte nach HOUTGAST und STEENEKEN (1985) an:

Tab. 3.2 STI – Werte und Sprachverständlichkeit

STI - Wert	< 0,30	0,3 – 0,45	0,45 – 0,6	0,6 – 0,75	> 0,75
Sprach- Verständlichkeit	sehr schlecht	schlecht	befriedigend	gut	sehr gut

Anmerkung: Für die raumakustischen Messungen konnten wir die Kooperation des Ingenieurbüros MÜLLER BBM, MÜNCHEN, gewinnen. Zwei seiner Mitglieder, Dr. Ing.-Eckard Mommertz und Dipl. Ing. Andreas Greiner standen uns seit Beginn der Projektarbeiten für alle mit diesem Aufgabenbereich verbundenen theoretischen und praktischen Fragen zur Seite; wir konnten das technische Gerät für die raumakustischen Messungen bei MÜLLER B.B.M. ausleihen und wurden in dessen Gebrauch unterwiesen. Insbesondere haben sie den gesamten Messvorgang (Generierung eines Testtones, Aufnahme der im Raum reflektierten Schallsignale, Berechnung der Messergebnisse – Nachhallzeiten und Speech Transmission Index – als Software-Lösung realisiert und auf einem Laptop installiert, so dass wir für die Raumakustik-Messungen mobil waren und die gesamte Ausrüstung in die untersuchten Schulen transportieren konnten. Nach Abschluss der Datenerhebung haben wir die Beurteilung der Messergebnisse mit ihnen abgeglichen.

In die Analyse raumakustischer Merkmale wurden alle Klassenräume einbezogen, in denen wir auch während des laufenden Unterrichts Untersuchungen des Unterrichtsablaufs und der dabei entstehenden Geräuschphänomene vorgenommen haben (N = 30); ferner einige Sonderräume (4 Sporthallen, 1 Werkraum, 1 Musikraum,

1 Biologieraum, 1 Pausenhalle). In den Klassenräumen wurden die Messungen in unterschiedlichen Besetzungsgraden (bezogen auf die Größe der den Raum nutzenden Schulklasse: voll, halbvoll, leer) vorgenommen; die Sonderräume wurden nur leer untersucht. Die Akustik-Parameter wurden nach einem Verfahren der Fa. Müller BBM bestimmt.

Ein Rechnerprogramm erzeugt einen Testton von 1 sec. Dauer, der bei 125 Hz beginnend bis auf 8 kHz gesteuert und über einen Dodekaeder-Lautsprecher ungerichtet ausgestrahlt wird; ein Verstärker stellt sicher, dass der Ton einen Schalldruckpegel von 85 dB(A) erreicht. Ein richtungsunempfindliches Mikrofon nimmt die im Raum reflektierten Anteile des Testtons auf und führt sie einem Rechnerprogramm zu, das die Nachhall-Zeiten (nach Frequenzen in Oktavabständen sortiert) sowie den STI - Index der Sprachverständlichkeit errechnet. Der Lautsprecher für die Abstrahlung des Testtons wird im Abstand von 1,5 m von der Stirnwand und von der Fensterwand (falls vorhanden) in 1,6 m Höhe aufgestellt; das Mikrofon für die Aufnahme der Testton-Reflexe wird ca. 1,1 m Höhe (Ohrhöhe sitzender Kinder) an 6 unterschiedlichen Positionen im Raum platziert, die im Testprotokoll markiert werden.



Abb. 3.1 Vermessung der Raumakustik im besetzten Klassenraum

Für die während der Messung im Raum anwesenden Kinder wurden einfache Gehörschutzkapseln ("Mickey-Mäuse") mit einer Schalldämmung von etwa 30 dB(A) zur Verfügung gestellt (Abb. 3.1).

Gemessen wurden sog. "Raumimpulsantworten", aus denen nach entsprechender oktavbreiter Filterung im Frequenzbereich von 125 Hz bis 8000 Hz die Nachhallzeiten (T_{20}) und der Sprachübertragungsindex (STI) berechnet wurden.

3.2 Geräuschpegel während des Unterrichts

Für die Erfassung von Geräuschpegeln in Klassenräumen während des Unterrichts benutzten wir Schallpegelmesser vom Typ SLS95S der Fa. 01dB mit folgenden gerätetypischen bzw. von uns eingestellten Merkmalen:

Genauigkeit	Typ 1 (IEC 651)
Messbereich	30 – 140 dB
Pegelbereich für Peak	43 – 143 dB
Auflösung	0,1 dB
Frequenzbewertung	A
Zeitbewertung	fast

Die Geräte erzeugen kontinuierlich Schallpegel-Werte (L_A) (und errechnen und speichern zugleich $L_{Aeq,1sec}$ – Werte), die L_A -Werte wurden zur Weiterverarbeitung in ein Rechnerprogramm eingelesen, das daraus folgende abgeleitete Werte errechnet (siehe Tab. 3.3).

Wenn keine Online-Verarbeitung möglich war, konnten die abgeleiteten Werte (vgl. Tab. 3.3) alternativ auch aus den gespeicherten $L_{Aeq,1sec}$ Werten errechnet werden; daraus ergaben sich, wie Doppelmessungen zeigten, keinerlei beachtenswerte Abweichungen.

Tab. 3.3 Schallpegelparameter bei Schallpegel – Messungen im Unterricht

Zeitspanne	Parameter	Bedeutung
1 sec.	$L_{Aeq,1s}$	SP – Mittelwert über 1 sec.
1 min.	$L_{Aeq,1min}$	SP – Mittelwert über 1 min.
	L_{Amax}	SP – Maximalwert in 1 min.
5 min.	$L_{Aeq,5min}$	SP – Mittelwert über 5 min.
	L_{A95}	Grundgeräuschpegel; Wird in 95 % der Zeit überschritten
	L_{A1}	Spitzenpegel; Wir in 1 % der Zeit überschritten
	L_{Amax}	SP – Maximalwert in 5 min.
1 U-Stunde	$L_{Aeq,1Std}$	SP – Mittelwert über 1 U-Stunde
	L_{A95}	Grundgeräuschpegel...
	L_{A1}	Spitzenwert...
	L_{Amax}	SP – Maximalwert...

Um den "Basis-"Schallpegel zu bestimmen, vor dessen Hintergrund das Sprechen, Zuhören und Verstehen im Unterricht ablaufen musste, haben wir in jeder Schulklasse die "leisesten" 10 Beobachtungssekunden (den Schulklassen-spezifischen **Minimalwert der $L_{Aeq,10s}$**) ausgewählt.

Die Mikrofone der Messgeräte wurden jeweils in 1,5 m Abstand von der Tafelwand und von der Fensterwand des Klassenraums auf einem Stativ in 1,4 m Höhe so platziert, dass sie in die Klasse hinein gerichtet waren und die Lehrerin/der Lehrer in der Regel nicht unmittelbar in das Mikrophon sprechen konnte.

3.3 Unterrichtsbeobachtung

Parallel zu den Geräuschpegel-Messungen wurden in mehreren Schulklassen (N = 30) der Jahrgänge 1 – 10 aus 4 Schulen im Land Bremen (3 Grundschulen, 1 Schulzentrum der Sekundarstufe I) und einer Grundschule aus Nordrhein - Westfalen Unterrichtsbeobachtungen durchgeführt. Unterrichtsbeobachtungen und Geräuschpegelmessungen erfolgten in jeder Klasse in allen Unterrichtsstunden eines Schultages über jeweils eine ganze Schulwoche (2 – 5 Tage in Abhängigkeit davon,

ob einzelne Tage der regulären Schulwoche aus den unterschiedlichsten Gründen ausfielen). Eine Übersicht über den Umfang dieser Untersuchungen gibt Tab. 3.4.

Tab. 3.4 Übersicht über Untersuchungen im Unterricht

Schule Ort	Schul-Stufe	Klassenstufe	U-tage	U-stunden	Klassenraum
LU BHV	GS	1b	5	20	12
		2a	4	18	14
		3b H vor Sanierung	2	6	11
		3b B vor Sanierung	5	18	26
		4c	4	14	16
Summe LU		5	20	76	5
ST HB	GS	1a	5	18	9a
		1b	5	19	5
		2c	5	16	3
		2d	5	22	17a
		3c	5	19	4
		3d	5	22	22
		4c	5	19	24
		4d	4	19	20
Summe ST		8	40	154	8
AW HB	GS	vor päd. Int. 2 b	5	24 (5 BS)	2b
		vor päd Int.4c	5	19	4c
Summe AW		2	10	43	2
KS HB	Sek-1 Zentrum	5 e	5	19	K 206
		6 h	5	18	C 302
		7 c	5	12	K 203
		7 l	5	20	C 102
		7 t	5	15	C 201
		8 d	3	7	C 204
		8 l	5	18	K 301
		8 t	4	12	C 203
		9 d	2	9	K 302
		9 l	3	10	C 301
		9t	2	11	K 204
		10 c	5	14	C 103
		10 l	5	17	C 205
10 t	4	17	C 305		
Summe KS		14	58	199	14
H NW	GS	2 b	5	16	4
Summe H		1	5	16	1
Summe Alle		30	133	488	30

Protokolliert wurden Rahmendaten zur Charakterisierung jedes Unterrichtstages und jeder Unterrichtsstunde (Anhang Blatt 1), die in einem Protokollbogen erfasst wurden, der jeweils vor der U.-Stunde von den BeobachterInnen ausgefüllt wurde (Anhang Blatt 2); Anhang Blatt 3 (subjektives Empfinden des Geräuschpegels, Grad der Störung durch Geräusche) wurde nach der Stunde von der beteiligten Lehrkraft bearbeitet (s. Kap. 6.4).

Die Unterrichtsbeobachtungen erfolgten durch zwei in den Klassen anwesende BeobachterInnen, die zuvor an Video-Aufzeichnungen von Unterricht geschult wurden. Alle Aufzeichnungen wurden auf einem Rechner zeitgetreu erfasst, um später zu den synchron registrierten Geräuschpegeln in Beziehung gesetzt zu werden.

Ein(e) Beobachter(in) registrierte die in jeder Unterrichtsphase vorherrschende Sozialform des Unterrichts und die aktuelle Richtung ablaufender unterrichtsbezogener Gespräche, ferner wurden der Unterrichtsorganisation dienende Aktivitäten vermerkt.

Sozialform:	Sonstige
	Einzelarbeit
	Partnerarbeit
	Gruppenarbeit
	Frontalunterricht
U-Gespräche:	Schüler → Klasse
	Schüler → Lehrer
	Schüler → Schüler
	Lehrer → Klasse
	Lehrer → Schüler
Organisation:	Unterrichtsorganisation

Alle derartigen Merkmale wurden bei Beginn und Ende durch Tastendruck auf einem als Ereignisrecorder programmierten Laptop zeitgetreu (Auflösung: 1 sec.) registriert. Bei Ausfall des PCs erfolgte die Registrierung manuell (siehe Anhang Blatt 5).

Daneben hatte ein(e) zweite(r) Beobachter(in) die Aufgabe, andere von Geräuschen begleitete Ereignisse auf einem Protokollbogen (Anhang Blatt 4) stichwortartig und zeitgetreu zu vermerken; dieses Protokoll wurde auf der Grundlage eines Kategorienschemas (Tab. 3.5) ausgewertet und mit in das Protokoll der Stunde übernommen.

Tab. 3.5 Kategorienschema für die Übersetzung des 2. Beobachtungsprotokolls

Z1: Schülergeräusche	
01	Hantieren mit Möbeln und Gegenständen
02	Motorische Aktionen (Herumlaufen, Toben, Rangeln)
03	Aufmerksamkeit erregen durch lautes Melden, Rufen; Streit, Geschrei, Gespräche
04	willkürliche (diffuse) Laute von Schülern (Lachen, Quietschen, Pfeifen, Jubeln)
05	unwillkürliche Laute (Husten, Niesen, Nase putzen)
06	allgemeine Unruhe
Z2: Außengeräusche	
07	Außengeräusche (Flugzeug etc)
Z3: Schulgeräusche	
08	Pausenklingel, Gong
09	Sonstige Schüleraktivitäten
Z4: Disziplinierungen	
10	Rituale zum Disziplinieren (Xylophon, Triangel, Glocke, "Psst", Ermahnung)
Z5: Arbeitsgeräusche	
11	Organisationsaktivitäten der Lehrkraft
12	Organisationsaktivitäten von Schüler(inne)n (Räumen, Verteilen)
13	Arbeitstätigkeiten im Sinn der Aufgabenstellung
14	Sondertätigkeiten (Singen, Chor, gemeinsames Sprechen)
15	(Allgemeine) konzentrierte Aufgabenbearbeitung
16	Sonstige Lehreraktivitäten

Es entstanden so 2 Beobachtungsprotokolle, die gemeinsam den Ablauf jeder Unterrichtsstunde charakterisieren sollten. Das 1. Protokoll erfasste alle unterrichtsbezogenen Ereignisse; das 2. Protokoll berücksichtigte, was weniger unterrichtsbezogen in der beobachteten U-Stunde passierte.

Die verschiedenen Items dienen zur Erleichterung der Abfassung des 2. Protokolls; ihre Zusammenfassung unter 5 Kategorien (Z1 – Z5) sollte die Charakterisierung der Stunden übersichtlicher machen und die Analyse der Geräuschpegelverläufe vereinfachen.

3.4 Lärmempfindlichkeit

Da Menschen sehr unterschiedlich mit Geräuschen umgehen, bzw. sie sehr individuell bewerten, sollte auch dies Bestandteil der Untersuchungen sein. Für diese Teilfrage konnten wir als Kooperationspartner die Arbeitsgruppe um Prof. August Schick, Institut für Mensch-Umwelt-Beziehungen der Universität Oldenburg, mit Frau Dr. Maria Klante und Herrn Dr. Markus Meis gewinnen. Mit ihrer kompetenten Unterstützung wurde das Konzept für die Einzeluntersuchungen entwickelt.

Neben einer Gehöranamnese und otoskopischen Untersuchung wurde eine Ton- und Sprachaudiometrie vorgesehen. Mittels des „Fragebogens zur Lärmempfindlichkeit“ von K. ZIMMER und W. ELLERMEIER (1998) sollte die individuelle Lärmempfindlichkeit unabhängig von der augenblicklichen Geräuschsituation erfasst werden. Die Lärmempfindlichkeit in der realen Arbeitssituation wurde durch den Vergleich der gemessenen Lautstärke während des Unterrichts mit der subjektiven Einschätzung durch die Lehrkräfte der jeweiligen Unterrichtsstunde ermittelt.

Als Ergänzung wurde ein psychoakustisches Laborexperiment konzipiert, in dem neben der subjektiven Bewertung der Geräusche auch die physiologische Reaktion darauf registriert wurde. Hierbei steht die Standardisierung der Geräuschsituation im Vordergrund, um darüber die Reaktionen auf die unterschiedlichen realen Arbeitsbedingungen vergleichen zu können.

4 Ergebnisse: Akustische Merkmale von Unterrichtsräumen

4.1 Beteiligte Schulen

An dem Projekt „Lärmbelastung in Bildungsstätten“ haben sich 4 Schulen im Land Bremen und eine Schule in Nordrhein-Westfalen beteiligt, die hier kurz charakterisiert werden sollen (Tab. 4.1 – 4.5). Wir waren selbstverständlich auf das Interesse der Schulen an dem zentralen Thema des Projektes angewiesen; erste orientierende Anfragen ergaben, dass dieses Interesse in Grundschulen deutlich größer war als in den Sekundarschulen und Gymnasien. Deshalb mussten wir unser ursprüngliches Vorhaben, alle Klassenstufen (1 – 13) zu erfassen, zurückstellen.

Tab. 4.1 Schule I

Schulstufe	Grundschule
Lage der Schule	Bremerhaven, verkehrsberuhigter Stadtteil, überwiegend Wohnbebauung, Mehrfamilienhäuser
Gebäude, Baujahr	Hauptgebäude 1896, Nebengebäude 1881, Sporthalle 1965
Unterrichtsräume	Klassenräume: 13; Fachräume: 5; Förderräume: 3
Lehrer – Personal Anzahl	15 Lehrer; 1 Sekretärin; 1 Hausmeisterin
Schülerinnen und Schüler Anzahl	227
Fremdsprachlicher und -kultureller familiärer Hintergrund	33 %
Sozialhilfe - Empfänger	geschätzt 40 – 45 %
Besonderheiten	
Maßnahmen im Bereich der Raumakustik	Teilweise Lochplatten an den Decken im Flur, überstrichen, praktisch funktionslos
Maßnahmen im Zusammenhang des gegenwärtigen Projektes	Akustische Sanierung von 2 Klassenräumen, s. Kap. 5

Immerhin konnten wir wenigstens eine größere Sekundarschule vom Sinn unseres Vorhabens überzeugen und auf diese Weise Klassenstufen von 1 – 10 in die Untersuchungen einbeziehen. Drei der Grundschulen im Projekt waren bereit, die zusätzli-

chen Belastungen a) eines Versuchs zur akustischen Sanierung von zwei Klassenräumen (Schule I) und von einem Klassenraum (Schule V) bzw. b) eines experimentellen Vorhabens der pädagogischen Intervention zur Dämpfung des Unterrichtslärms (Schule II) auf sich zu nehmen.

Tab. 4.2 Schule II

Schulstufe	Grundschule mit Integrationsklassen
Lage der Schule	Bremen – Nord., ruhige Lage, kaum Verkehrslärm, überwiegend Wohnbebauung, meist Einfamilienhäuser
Gebäude, Baujahr	1 Gebäude, Baujahr 1973
Unterrichtsräume	Insges. 34 Räume, davon 16 Klassen- und 8 Fachräume z.T. von einer Sonderschule mitgenutzt
Lehrer – Personal Anzahl	21 Lehrer 3 Referendarinnen 4 Förderlehrer 1 Sozialarbeiter 5 Betreuungskräfte 2 Assistentinnen für Kinder, die pers. Betreuung benötigen; 1 Sekretärin, 1 Hausmeister
Schülerinnen und Schüler Anzahl	237
Fremdsprachlicher und -kultureller familiärer Hintergrund	60 %; darunter Romakinder, die mit 9 Jahren noch nie in der Schule waren
Sozialhilfe – Empfänger	geschätzt 40 %
Besonderheiten	Sozialindikator des Stadtteils: 5 (ungünstigster Platz); im Einzugsgebiet der Schule auch Mittelschichtfamilien, die sich um Einschulung außerhalb bemühen, da sie befürchten, dass ein Anschlussstandard zum Gymnasium bis zur 4. Klasse nicht erreichbar ist. 2/3 der Schulanfänger im Schuleingangstest nicht schulreif.
Maßnahmen im Zusammenhang des gegenwärtigen Projektes	In zwei Klassen der Schule wurde eine neue Form der „pädagogischen Intervention“ zur Reduzierung des Unterrichtslärms erprobt. Der Versuch umfasste die Durchführung einer Unterrichtseinheit zum Thema „Hören und Lärm“ und die Einführung und Erprobung des „Sound Ear“, eines Lärmpegel-Anzeigegerätes in Gestalt eines Ohres mit Ampelsignal. Nähere Einzelheiten finden sich in diesem Projektbericht (s. Kap. 5)

Die Schule unterliegt, wie an den skizzierten Merkmalen deutlich zu erkennen ist, besonderen sozialen Belastungen. Zu ihrem Einzugsbereich gehört ein Wohnquartier mit einem hohen Anteil von Aussiedlern, von Menschen vorderasiatischer Herkunft und von gerade sesshaft gewordenen Nomaden mit den unterschiedlichsten Bil-

dungsvoraussetzungen und Bildungsinteressen. Hinzu kommen Konflikte zwischen Kindern und Jugendlichen der verschiedenen Ethnien, die auch in der Schule ausgetragen werden.

Tab. 4.3 Schule III

Schulstufe	Grundschule
Lage der Schule	Bremen, verkehrsberuhigtes Quartier, wenig Verkehrslärm, überwiegend Bebauung mit Wohnblocks
Gebäude, Baujahr	Hauptgebäude 1969, Sporthalle 1969
Unterrichtsräume	Klassenräume: 22 Kinderhort-Räume: 4 Musikraum: 1 Werkraum: 1 Sporthalle: 1
Lehrer – Personal	29 Lehrerinnen (davon 3 für sonderpäd. Betreuung in Integrationsklassen) 1 Schulassistentin
Schülerinnen und Schüler	400
Fremdsprachlicher und -kultureller familiärer Hintergrund	51 %
Sozialhilfe - Empfänger	geschätzt 10 – 15 %
Besonderheiten	Verlässliche Grundschule, 'Sozialer Brennpunkt', enge Kooperation mit Amt für soziale Dienste, Hort im Haus. Jugendhaus der AWO auf dem Schulgelände. Ausdifferenziertes Förderkonzept der Schule. Guter Ruf der Schule. Elternängste wg. Gefährdung der Kinder durch das Umfeld auf dem Schulweg.
Maßnahmen im Bereich der Akustik	Seit Jahren führt die Schule mit Schulanfängern ein „sozialpädagogisches Training“ zur Lärmreduzierung durch. Rituale zur Lärmdämpfung (Triangel, Glocke, 'Schweigmännchen', 'Flüstermännchen') werden geübt

Die Schule kooperiert schon seit 25 Jahren mit dem INSTITUT FÜR INTERDISZIPLINÄRE SCHULFORSCHUNG und hat auch diesmal die Mehrbelastung durch das „Schullärm-Projekt“ auf sich genommen, obwohl auch in diesem Fall die sozialen Besonderheiten des Einzugsbereichs überdurchschnittlichen Einsatz des Kollegiums erfordern, wie sich auch aus den skizzierten Schulmerkmalen erkennen lässt. Charakteristisch für Schule III ist, dass sie bei anstehenden Problemen regelmäßig (und oft erfolgreich) nach „pädagogischen“ Lösungskonzepten sucht. Das offensichtlich besonders starke Engagement von Schulleitung und Kollegium für die anvertrauten Kinder ist

uns schon vor einigen Jahrzehnten aufgefallen und wurde offenbar unvermindert beibehalten.

Tab. 4.4 Schule IV

Schulstufe	Orientierungsstufe (5. und 6. Schuljahr) Zentrum der Sekundarstufe I (7. – 10. Schuljahr) Mit Hauptschul- Realschul- und Gymnasialzweig
Lage der Schule	Eine Front zu einer Hauptverkehrsstraße, eine Front zu einer wenig befahrenen Sackgasse, weitere Fronten zu den Gärten eines Wohngebietes.
Gebäude, Baujahr	3stöckiger Gebäudekomplex Hauptgebäude 1914, Anbau 1975
Unterrichtsräume	24 Klassenräume 14 Fachräume
Lehrer – Personal	41 LehrerInnen 9 ReferendarInnen
Schülerinnen und Schüler	420
Fremdsprachlicher und -kultureller familiärer Hintergrund	45 – 50 %
Sozialhilfe - Empfänger	unbekannt
Besonderheiten	Betreuungsschule mit Mittagstisch und Hausaufgabenhilfe. Teilnehmer am Projekt „Schule und Partner“; Partner: Airbus; Unesco - Schule.
Maßnahmen Im Bereich der Akustik	1970 wurden im gesamten Gebäude die Decken abgehängt und mit Gipskarton-Platten mit Wurmfraß-Muster verkleidet.

Die Schule IV hat bereits vor ca. 20 Jahren an einem unserer Schulforschungs-Projekte teilgenommen. Wir waren auch jetzt wieder beeindruckt von dem Interesse, das unserem Vorhaben entgegengebracht wurde, und von der Bereitschaft, Problemstellung, methodisches Konzept und konkrete Vorgehensweise mit uns zu diskutieren.

Tab. 4.5 Schule V

Schulstufe	Grundschule
Lage der Schule	Kleinstadt
1 Gebäude	Baujahre 1975, 1977, 1982
Unterrichtsräume	25 Klassenräume, 6 Mehrzweckräume
Lehrer – Personal	33 Lehrkräfte, 1 Sekretärin, 1 Hausmeister
Schülerinnen und Schüler	625
Fremdsprachlicher und -kultureller familiärer Hintergrund	6 %
Besonderheiten	Kath. Grundschule, 6-zügig 1 Schulkindergarten
Maßnahmen im Zusammenhang des gegenwärtigen Projektes	Ein Klassenraum der Schule wurde im April 04 „akustisch saniert“. Das ISF war eingeladen, diesen Prozess durch Messungen der Raumakustik, Unterrichtsbeobachtungen und Schallpegelmessungen im Unterricht zu begleiten und zu dokumentieren. (s. Kap. 5)
Maßnahmen im Bereich der Pädagogik	Seit Jahren führt die Schule mit Schulanfängern ein „sozialpädagogisches Training“ zur Lärmreduzierung durch.

4.2 Akustische Merkmale von Klassenräumen

In allen vier Schulen haben wir in mehreren Klassen über jeweils 1 Woche den Unterricht beobachtet und die während des Unterrichts aufgetretenen Geräuschpegel registriert. Für alle auf diese Weise an Unterrichtsbeobachtung und Schallpegelaufzeichnung einbezogenen Klassenräume ($n = 30$) und für einige für besondere Unterrichtsfächer vorgesehene Sonderräume ($n = 9$) haben wir in der bereits beschriebenen Weise (s. Kap. 4.1) die dort angegebenen Merkmale der Raumakustik erhoben.

Da uns aus allen Klassenräumen und damit auch für alle an den Unterrichts-Untersuchungen beteiligten Schulklassen über die gesamte jeweilige Untersuchungswoche Aufzeichnungen der Schallpegel-Werte entsprechend Tab. 3.3 vorlagen, haben wir aus jedem Klassenraum, jeder Schulklasse und Untersuchungswoche die „leisesten“ 10 Sekunden (den Minimalwert der $L_{Aeq,10s}$) ausgewählt und bei

dem betreffenden Klassenraum als „Minimalschallpegel“ eingetragen. Dies entspricht ungefähr dem „Hintergrund-Schallpegel“, der beim Sprechen nach den Vorstellungen von SUST UND LAZARUS (1997) übertroffen werden muss, um fehlerfreie sprachliche Mitteilungen zu übermitteln.

Die Ergebnisse der raumakustischen Messungen in den 5 Projektschulen sind nachstehend in tabellarischer Form zusammengefasst (Tab. 4.6 – 4.10): Die Messwerte für Nachhallzeiten und STI sind jeweils in 3 Besetzungsgraden der Klassenräume (leer, 50 % bzw. 100 % der jeweils aktuellen Klassenstärke) angegeben. In den meisten Schulen fielen diese Werte mit stärkerer Besetzung der Räume günstiger aus.

Tab. 4.6 Raumakustische Merkmale von Klassenräumen in Schule I

Nr.	Raum	Lage	Grundfläche (m ²)	Raumvolumen (m ³)	Fußboden	Decke	Wände	Fensterwände	Schränke	Regale	SchülerInnen-plätze	Minimalschallpegel	Nachhallzeit leer	Nachhallzeit 50 %	Nachhallzeit 100%	STI leer	STI 50 %	STI 100 %
1	R12	NG 1.OG	50,2	180,7	Tep	Putz	Putz	Putz Vorh	1	2	20	39,0	1,04	0,86	0,79	0,64	0,66	0,66
2	R14	NG 1.OG	56,8	204,0	Tep	Putz	Putz	Putz Vorh	1	3	25	40,4	1,17	0,94	0,88	0,59	0,64	0,66
3	R16	HG 1.OG	51,6	185,3	Tep	Putz	Putz	Putz Vorh	0	RW	18	43,3	0,91	0,86	0,82	0,67	0,69	0,70
4	R11	HG 1.OG	53,0	190,4	PVC	Putz	Putz	Putz Vorh	1	1	20	49,8	1,36	1,10	0,97	0,56	0,61	0,63
5	R26	HG 2.OG	49,32	174,1	Tep	Putz	Putz	Putz Vorh	2	4	20	43,4	0,81	0,76	0,74	0,70	0,68	0,70

HG = Hauptgeb.; NG = Nebengeb.; RW = Regalwand

In Schule I entspricht kein einziger der von uns untersuchten Klassenräume auch nur annähernd den Empfehlungen der DIN 18041 von 1965; von den geänderten Werten von 2004 sind sie entsprechend noch weiter entfernt. Lediglich der Schallpegel in den leeren Klassenräumen (überwiegend nachmittags ohne Unterricht in der Schule gemessen) liegt mit Werten von 26 – 31 dB(A) auf dem von LAZARUS UND SUST (1997) empfohlenen Niveau. Die ungünstigen akustischen Bedingungen waren dem Lehrerkollegium auch subjektiv aufgefallen und hatten dazu geführt, dass alle Klassenräume (mit einer Ausnahme) vor einigen Jahren schrittweise mit Teppichboden

ausgelegt wurden, was sich vermutlich aber nur auf den am Fußboden erzeugten Schall (Trittschall, Möbelrücken) ausgewirkt haben dürfte, nicht aber auf den durch die menschliche Stimme und auf anderem Weg erzeugten Direktschall, der von Wänden und Decke reflektiert wird.

Die akustischen Bedingungen in dieser Schule haben uns deshalb auch veranlasst, hier zwei Klassenräume für einen Sanierungsversuch auszuwählen, der an anderer Stelle in diesem Projektbericht ausführlich beschrieben wird.

Tab. 4.7 Raumakustische Merkmale von 2 Klassenräumen in Schule II

Nr.	Raum	Lage	Grundfläche (m ²)	Raumvolumen (m ³)	Fußboden	Decke	Wände	Fensterwände	Schränke	Regale	SchülerInnen- plätze	Minimalschallpe- gel	Nachhallzeit leer	Nachhallzeit 50 %	Nachhallzeit 100%	STI leer	STI 50 %	STI 100 %
1	06	1.OG	67,9	203,0	PVC	AKD	GK	GK Vorh	SW	0	16	42,1	*	*	*	*	*	*
2	04	1 OG	67,6	204,3	PVC	AKD	GK	GK Vorh	SW	0	18	37,5	0,48	0,47	0,43	0,78	0,79	0,80

PVC = Kunststoff-Belag; AKD = Akustikdecke; GK = Gipskarton; SW = Schrankwand; * = Fehlmessung (Räume baugleich)

In dieser Schule hatten wir bereits erste Untersuchungen zum „Lärm im Unterricht“ in dem vorausgegangenen Projekt zur beruflichen Belastung von Lehrerinnen und Lehrern (SCHÖNWÄLDER et. al. 2003) vorgenommen. Obwohl in derselben Zeit und in derselben Technik erbaut wie Schule III, war sie uns durch relativ hohe Unterrichtsschallpegel aufgefallen. Wir haben sie deshalb für einen Versuch der „pädagogischen“ Intervention zur Lärmdämpfung ausgewählt; auch dieses Vorhaben ist an anderer Stelle in diesem Projektbericht beschrieben. Der Interventionsversuch wurde in den beiden Klassenräumen durchgeführt, die in Tab. 4.7 näher beschrieben sind.

Nach den weiter oben benannten Kriterien entsprechen alle untersuchten Klassenräume in Schule III gut den Kriterien der DIN 18041 in der älteren Fassung von 1965 und die Klassenräume im Obergeschoss sogar den Bedingungen der jüngeren Fassung von 2004. Eine „akustische Sanierung“ der Klassenräume wäre in dieser Schule sicherlich kein vordringliches Problem.

Tab. 4.8 Raumakustische Merkmale von Klassenräumen in Schule III

Nr.	Raum	Lage	Grundfläche (m ²)	Raumvolumen (m ³)	Fußboden	Decke	Wände	Fensterwände	Schränke	Regale	SchülerInnenplätze	Minimalschallpegel	Nachhallzeit leer	Nachhallzeit 50 %	Nachhallzeit 100%	STI leer	STI 50 %	STI 100 %
1	R9a	EG	75,2	225,0	PVC	GKL	MW	Putz Vorh	SW	1	26	44,9	0,70	0,60	0,56	0,70	0,72	0,73
2	R5	EG	77,5	230,2	PVC	GKL	MW	Putz Vorh	SW	2	26	38,2	0,69	0,63	0,64	0,71	0,71	0,71
3	R3	EG	60,0	182,4	PVC	GKL	MW	Putz Vorh	SW	0	28	43,4	0,74	0,62	0,59	0,70	0,72	0,73
4	R17a	OG	44,3	132,8	PVC	GKL	MW	Putz Vorh	0	0	26	40,2	0,45	0,40	0,39	0,79	0,80	0,81
5	R4	EG	69,9	206,9	PVC	GKL	MW	Putz	SW	1	30	42,8	0,63	0,57	0,53	0,74	0,75	0,77
6	R22	OG	74,1	221,6	PVC	GKL	MW	MW Vorh	SW	1	24	37,7	0,44	0,40	0,38	0,78	0,80	0,81
7	R24	OG	78,3	233,4	PVC	GKL	MW	Putz	SW	2	28	37,4	0,47	0,42	0,40	0,76	0,79	0,80
8	R20	OG	61,9	182,0	PVC	GKL	MW	Putz	0	RW	26	36,5	0,42	0,38	0,40	0,80	0,81	0,81

EG = Erdgeschoss; OG = Obergeschoss; GKL= Gipskarton, gelocht; MW = Mauerwerk, SW = Schrankwand; RW = Regalwand

Schule IV ist ein Grenzfall. Der Geräuschpegel in den leeren Klassenräumen von 26 – 36 dB(A) entspricht in den meisten Fällen den Empfehlungen von LAZARUS UND SUST (1997) einigermaßen, obwohl Unterschiede zwischen den einzelnen Räumen von 10 dB(A) doch für eine beachtliche Differenz in den Schallbelastungen sprechen. Teilweise sind während der Messung Außengeräusche (Flugzeuge, Hundegebell, Lage zur Hauptverkehrsstraße) vermerkt, aber zwischen solchen Anmerkungen und der Intensität des Leer-Geräuschpegels besteht kein systematischer Zusammenhang.

Tab. 4.9 Raumakustische Merkmale von Klassenräumen in Schule IV

Nr.	Raum	Lage	Grundfläche (m ²)	Raumvolumen (m ³)	Fußboden	Decke	Wände	Fensterwände	Schränke	Regale	SchülerInnenplätze	Minimalschallpegel	Nachhallzeit leer	Nachhallzeit 50 %	Nachhallzeit 100 %	STI leer	STI 50 %	STI 100 %
1	K206	2 OG	52,1	192,1	PVC	GK WF	MW	MW Putz Vorh	0	1	32	36,8	0,60	0,52	0,51	0,75	0,80	0,81
2	C302	3 OG	54,2	204,4	PVC	GK WF	MW	MW Putz Vorh	1	1	28	40,0	0,55	0,46	0,44	0,76	0,80	0,80
3	K203	2 OG	53,0	195,3	PVC	GK WF	MW	MW Putz Vorh	1	1	22	43,0	0,61	0,54	0,52	0,75	0,77	0,78
4	C102	1 OG	53,3	197,0	PVC	GK WF	MW	MW Putz	1	1	30	41,9	0,74	0,70	0,64	0,72	0,74	0,76
5	C201	2 OG	53,0	195,0	PVC	GK WF	MW	MW Putz	1	2	26	33,5	0,76	0,67	0,61	0,72	0,77	0,79
6	C204	2 OG	53,1	194,5	PVC	GK WF	MW	MW Putz	1	0	18	45,2	0,87	0,78	0,75	0,70	0,72	0,73
7	K301	3 OG	81,5	303,1	PVC	GK WF	MW	MW Putz	1	1	32	43,2	0,66	0,73	0,73	0,74	0,77	0,78
8	C203	2 OG	53,6	197,8	PVC	GK WF	MW	MW Putz Vorh	1	1	28	47,9	0,67	0,57	0,54	0,73	0,77	0,78
9	K302	3 OG	54,4	201,9	PVC	GK WF	MW	MW Putz Vorh	1	0	20	42,3	0,57	0,53	0,56	0,76	0,79	0,80
10	C301	3 OG	53,3	198,3	PVC	GK WF	MW	MW Putz Vorh	2	0	24	42,5	0,78	0,70	0,64	0,72	0,76	0,77
11	K204	2 OG	53,0	195,2	PVC	GK WF	MW	MW Putz	1	0	26	43,4	0,75	0,65	0,64	0,71	0,75	0,75
12	C103	1 OG	53,6	197,6	PVC	GK WF	MW	MW Putz	1	1	22	51,7	0,76	0,73	0,70	0,72	0,73	0,70
13	C205	2 OG	52,8	195,9	PVC	GK WF	MW	MW Putz	1	1	24	31,8	0,77	0,71	0,67	0,71	0,74	0,75
14	C305	3 OG	56,0	212,9	PVC	GK WF	MW	MW Putz Vorh	2	0	24	40,7	0,63	0,55	0,54	0,74	0,77	0,78

PVC = Kunststoff-Belag; GK = Gipskarton; WF = Wurmfräß-Muster.

In allen Klassenräumen werden im voll besetzten Zustand die Richtwerte der älteren DIN18041 mehr oder weniger erreicht; für die schärferen Anforderungen der Neufassung der DIN 18041 gilt das nur in 6 von 14 Fällen.

Tab. 4.10 Akustische Merkmale von Klassenräumen in Schule V (vor Sanierung)

Nr.	Raum	Lage	Grundfläche (m ²)	Raumvolumen (m ³)	Fußboden	Decke	Wände	Fensterwände	Schränke	Regale	SchülerInnen-plätze	Minimalschallpegel	Nachhallzeit leer	Nachhallzeit 50 %	Nachhallzeit 100 %	STI leer	STI 50 %	STI 100 %
1	04	EG	66,8	225,9	T	P	P	V	0	5	24	37,1	0,75	0,67	0,64	0,68	0,71	0,71

T = Teppich, P = Putz, V = Vorhänge

4.3 Raumakustische Merkmale von Sonderräumen

Tab. 4.11 Raumakustische Merkmale einiger Sonderräume für Fachunterricht

Schule	Fachraum	Grundfläche (m ²)	Raumvolumen (m ³)	Fußboden	Decke	Wände	Fensterwände	Schränke	Regale	SchülerInnen-plätze	Schallpegel leer	Nachhallzeit leer	STI leer
I	Sporthalle	291	1542	Holz	KMF StB	MW	Putz	0	0		33	1,78	0,52
III	Sporthalle	327	1805	PVC	GK WF	MW Putz	MW Putz	0	0		35	1,29	0,59
IV	Sporthalle 1	301	1685	PVC	GK WF	MW Putz	MW P,VH	0	0		30	1,60	0,56
IV	Sporthalle 2	301	1685	PVC	GK WF	MW Putz	MW P,VH	0	0		30	1,60	0,56
I	Werkraum	51	180	PVC	Putz	Putz	Putz	2 SW	0	22	33	0,93	0,65
III	Werkraum	80	236	PVC	GK WF	MW Putz	MW Putz	6	1	20	24	0,82	0,68
IV	Werkraum	74	184	PVC	GK WF	MW Putz	MW P,VH	SW	0	12	28	0,53	0,77
IV	Biologieraum	74	230	PVC	GK WF	MW Putz	MW P,VH	2	0	30	34	0,68	0,73
III	Musikraum	92	256	PVC	GKL	Putz	Putz	2	RW	21	26	0,66	0,73
III	Pausenhalle	233	688	PVC	GKL	MW Putz	Sonst	0	0			1,59	0,60

KMF= klassische Mineralfaser; StB = Sternbildmuster; GKL = Gipskarton, gelocht;
SW = Schrankwand; RW = Regalwand

Diese Räume wurden gesondert betrachtet, weil als Folge der fachtypischen Aktivitäten von ihnen eine besonders starke Schall - Emission bzw. eine Schall - Immissi-

on in andere Unterrichtsräume ausgehen könnte. Solche Räume müssten deshalb mit einem leistungsfähigen Emissionsschutz ausgestattet sein. In den von uns untersuchten Schulen (Schulen I und III) war dieses Problem teilweise dadurch umgangen, dass die Sporthallen einen eigenen, freistehenden Baukörper bildeten. In Schule IV waren die beiden Sporthallen im Baukörper der übrigen Schule untergebracht; ob ein effektiver Emissionsschutz gewährleistet war, konnte nicht überprüft werden, weil die entsprechenden Messbedingungen (leere Schule, normaler Unterrichtsbetrieb in den Sporthallen) nicht organisiert werden konnten.

In den in diesem Kapitel beschriebenen „Sporthallen“ von Schulen wäre zur Beurteilung der raumakustischen Merkmale die jüngst überarbeitete DIN 18032 zugrunde zu legen. Dort wird, soweit die Raumakustik betroffen ist, entsprechend Raumvolumen und Nutzungsart auf die DIN 18041 verwiesen. Für die 4 Sporthallen in den von uns untersuchten Schulen würde sich folgendes ergeben (Tab. 4.12):

Tab. 4.12 Raumakustische Merkmale der Sporthallen in den Schulen I – IV

Schule		Raum-Volumen (m ³)	NHZ DIN 18041 „Sprache“ (sec)	NHZ DIN 18041 „Unterr.“ (sec)	SP gemessen leer (dB(A))	NHZ gemessen (sec)	STI gemessen
I	Sporthalle	1542	1,19	1,32	33	1,78	0,52
III	Sporthalle	1805	1,21	1,34	35	1,29	0,59
IV	Sporthalle 1	1685	1,20	1,33	30	1,60	0,56
IV	Sporthalle 2	1685	1,20	1,33	30	1,60	0,56

NHZ = Nachhallzeit; SP = Schallpegel; STI = Speech Transmission Index.

Die Nachhallzeiten in Anlehnung an die DIN 18041 wurden gemäß den dort angegebenen Näherungsgleichungen berechnet:

$$\text{„Unterricht“: Nachhallzeit } T_{\text{Soll}} = (0,32 \lg V[\text{m}^3] + 0,17) \text{ s}$$

$$\text{„Sprache“: Nachhallzeit } T_{\text{Soll}} = (0,37 \lg V[\text{m}^3] + 0,14) \text{ s}$$

Für die übrigen Fachräume (Werken, Musik, Biologie) wären unabhängig von der Frage des Emissionsschutzes dieselben Kriterien wie in den übrigen Klassenräumen anzulegen, da dort außerhalb der Phasen, in denen Musik oder Werkarbeiten prak-

tisch ausgeübt werden, ebenso Unterricht auf der Grundlage verbal-auditiver Kommunikation stattfindet.

In einzelnen der Sonderräume konnten „mitlaufende“ Schallpegelaufzeichnungen während des Unterrichtes, aber keine Unterrichtsbeobachtungen durchgeführt werden (es stand ein freies Schallpegel-Messgerät, aber kein freies Beobacherteam zur Verfügung). Deshalb ist es nicht möglich, die aufgenommenen Geräuschintensitäten irgendwelchen Unterrichtsereignissen zuzuordnen. Unsere früheren Befunde aus Sporthallen hatten gelegentlich Schallpegel oberhalb von 100 dB(A) während des Sportunterrichts ergeben. Obendrein haben schon damals, und erneut im Zusammenhang mit der vorliegenden Studie, Sportlehrerinnen und -lehrer über (subjektiv empfundene) besondere Lärmbelastung geklagt. Insofern könnte es nützlich sein, eine Schwerpunktuntersuchung in Sportgebäuden (Spielhallen, Turnhallen, Schwimmhallen, Trainingsräumen usw.) zur Ergänzung unserer hier berichteten Befunde anzuschließen.

4.4 Schallpegel im Unterricht

4.4.1 Allgemeine Übersicht

Schallpegel wurden nach dem in Kapitel 3.2 beschriebenen Verfahren in allen 5 am Projekt beteiligten Schulen in insgesamt 30 Schulklassen des 1. – 10. Schuljahres über jeweils eine Schulwoche während des Unterrichtes registriert; dabei wurden durchgängig die in Tab. 3.3 aufgelisteten Schallpegel-Kennwerte erhoben.

Für Unterrichtsstunden war in der Regel eine Dauer von 45 Minuten vorgesehen (eine Ausnahme machte Schule I, in der die 1. – 4. Unterrichtsstunde zu zwei Doppelstunden von je 90 Minuten Dauer zusammengefasst waren). Auch diese Doppelstunden wurden in der Regel (Ausnahmen sind angemerkt) wie zwei Einzelstunden á 45 Minuten behandelt.

Da wir in einer früheren Untersuchung (SCHÖNWÄLDER et. al. 2003) festgestellt hatten, dass meist die ersten und die letzten ca. 5 Minuten jeder Unterrichtsstunde für die unterschiedlichsten organisatorischen Aktivitäten und nicht für den eigentlichen

Fachunterricht verwendet wurden, haben wir die Schallpegel für jede Unterrichtsstunde auf zweifache Weise analysiert: Zum einen über die nominelle Dauer von 45 Minuten, zum anderen um jeweils 5 Minuten am Anfang und Ende verkürzten Form über jeweils 35 Minuten. Diese zweite Form der Auswertung ist durch den Zusatz „-k“ bei den unterschiedlichen Schallpegeln gekennzeichnet, also z.B. L_{Aeq} für die volle und L_{Aeq-k} für die gekürzte Unterrichtsstunde (s.a. Tab. 4.13). Vollständige Datensätze standen uns für 439 Unterrichtsstunden über je 45 Minuten und für 467 Unterrichtsstunden über je 35 Minuten zur Verfügung. Eine zusammenfassende Übersicht über die Verteilung der in allen Unterrichtsstunden registrierten Schallpegel gibt Tab. 4.13. Zu erkennen ist, dass die Schallpegel-Intensitäten (insbes. Medianwerte des L_{Aeq-k} und „Spitzenwerte“ des L_{A1-k}) in den verkürzten Unterrichtsstunden geringfügig niedriger ausfallen als in der 45-Minuten-Version; der „Grundschallpegel“ (L_{A95-k}) ist praktisch unverändert im Vergleich zum L_{A95} . Das ist darauf zurückzuführen, dass mit den je 5 Minuten am Beginn und am Ende auch einige geräuschvollere Aktivitäten abgeschnitten wurden. Ein Beispiel einer solchen Tagesregistrierung des Schallpegels ist in Abbildung 4.1 dargestellt.

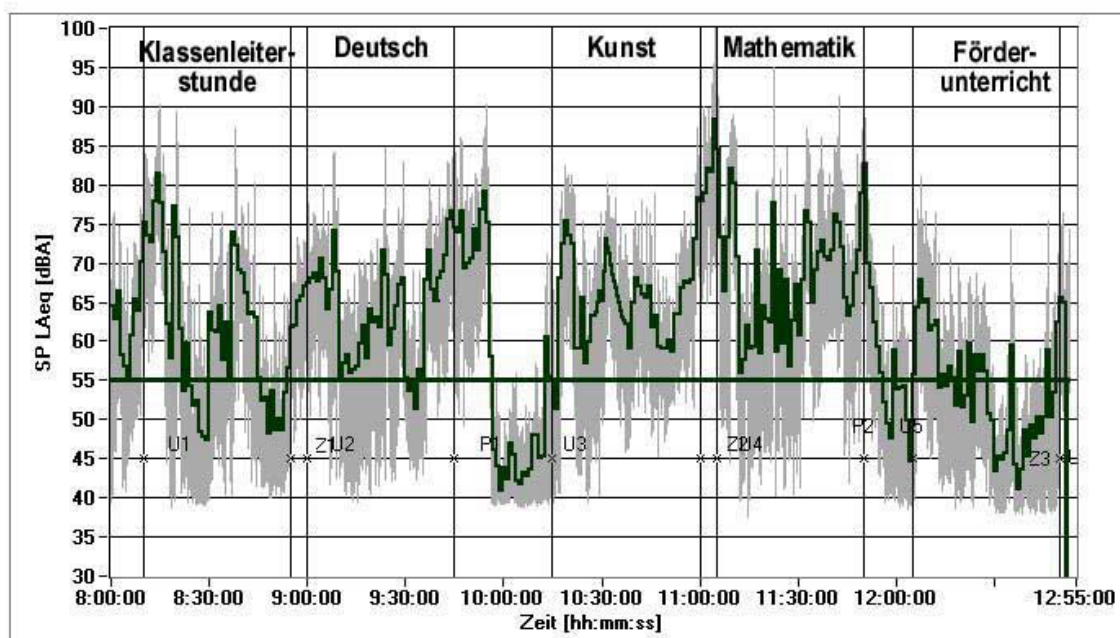


Abb. 4.1 Schule III, Ganztagesprofil des Schallpegels in einer 1.Klasse

Tab. 4.13 gibt nur Aufzeichnungen aus regulären Klassenräumen wieder, nicht aus Sporthallen und anderen Fachräumen. Ebenso sind keine Unterrichts- und Schallpegelprotokolle aus Musik- und Sportstunden enthalten, da dort aufgrund des fachbezogenen Unterrichtsgegenstandes mit spezifischen Geräuschprofilen und signifikanten Abweichungen von den Geräuschmustern der übrigen Unterrichtsfächer zu rechnen ist.

Der Median der durchschnittlichen Schallpegel in den beobachteten Unterrichtsstunden lag also bei 64,5 dB(A); in 10 % der Stunden überschritt der mittlere Schallpegel 72,6 dB(A) und in 1 % (d.h. in mindestens 4 Unterrichtsstunden sogar 86,3 dB(A). Es wurden aber auch „leisere“ Unterrichtsstunden beobachtet: In 10 % aller Fälle wurden höchstens 55,8 dB(A) und in 1 % sogar nur mittlere 51 dB(A) erreicht. Diese Unterschiede in den mittleren Unterrichtsschallpegeln von bis zu 35 dB(A) bedürfen der Aufklärung; wir waren deshalb besonders daran interessiert, zu ermitteln, welche Umstände eher zu einem höheren bzw. zu einem niedrigeren Schallpegel beitragen.

Tab. 4.13 Schallpegelverteilungen in den beobachteten Unterrichtsstunden.

	L_{Aeq-k}	L_{A95-k}	L_{A1-k}	L_{Aeq}	L_{A95}	L_{A1}
gültige Fälle	467	467	467	439	439	439
Mittelwert	64,50	53,53	72,55	68,01	53,83	77,94
Std.Abweichung	6,84	6,47	7,55	8,14	6,15	8,85
1. Perzentil	50,97	39,27	56,80	54,05	39,11	61,86
5. Perzentil	53,60	42,70	60,40	56,32	43,38	64,73
10. Perzentil	55,81	45,28	63,06	59,09	45,90	68,23
25. Perzentil	59,89	49,31	67,59	62,90	49,88	72,73
Median	64,51	53,63	72,81	67,27	53,88	76,73
75. Perzentil	68,82	57,63	77,15	71,39	57,88	81,73
90. Perzentil	72,65	62,73	80,68	75,19	62,46	89,23
95. Perzentil	74,19	64,63	84,68	83,40	64,28	97,73
99. Perzentil	86,32	68,51	98,12	98,46	67,38	106,53

Zwei Beispiele für je eine lautere und leisere Unterrichtsstunde sind in den Abbildungen 4.2 und 4.3 dargestellt. In diesen Abbildungen sind zusätzlich die Kommunikations – Parameter aus der Unterrichtsbeobachtung mit aufgenommen, um deren Einfluss deutlich zu machen, darauf wird später im Kapitel 4.5 noch eingegangen.

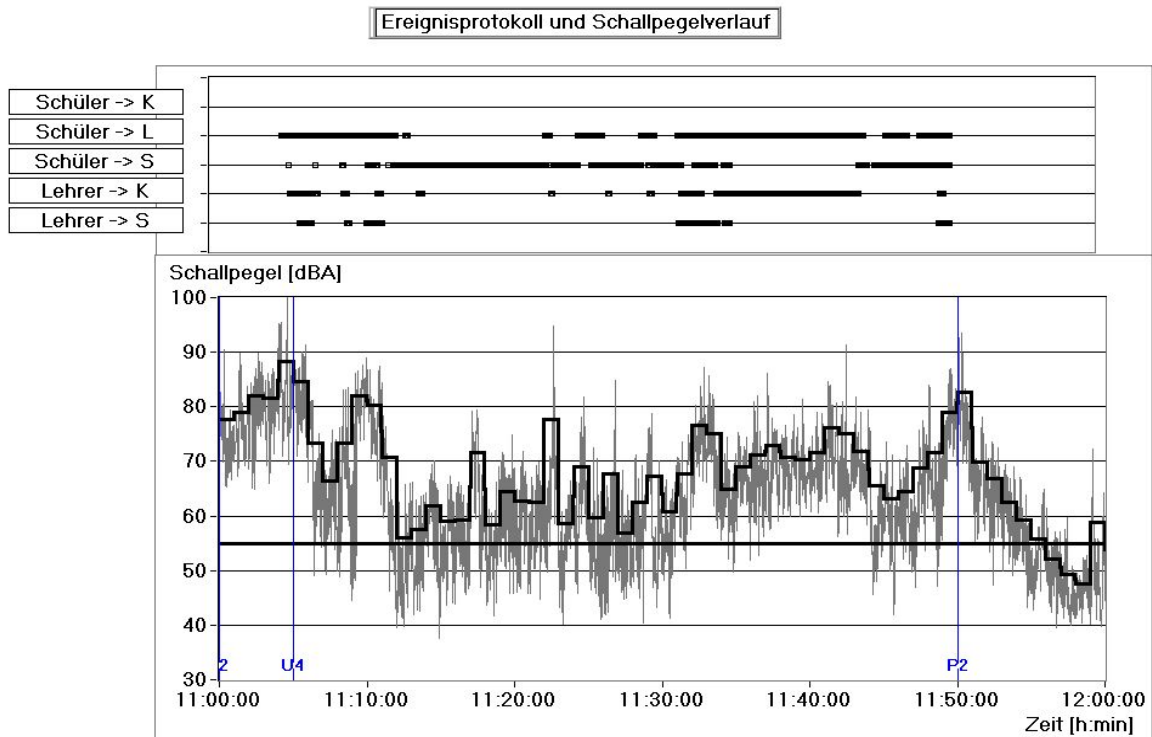


Abb. 4.2 Schule III, 4.U.-Std. aus dem vorherigen Tagesprofil, Deutsch

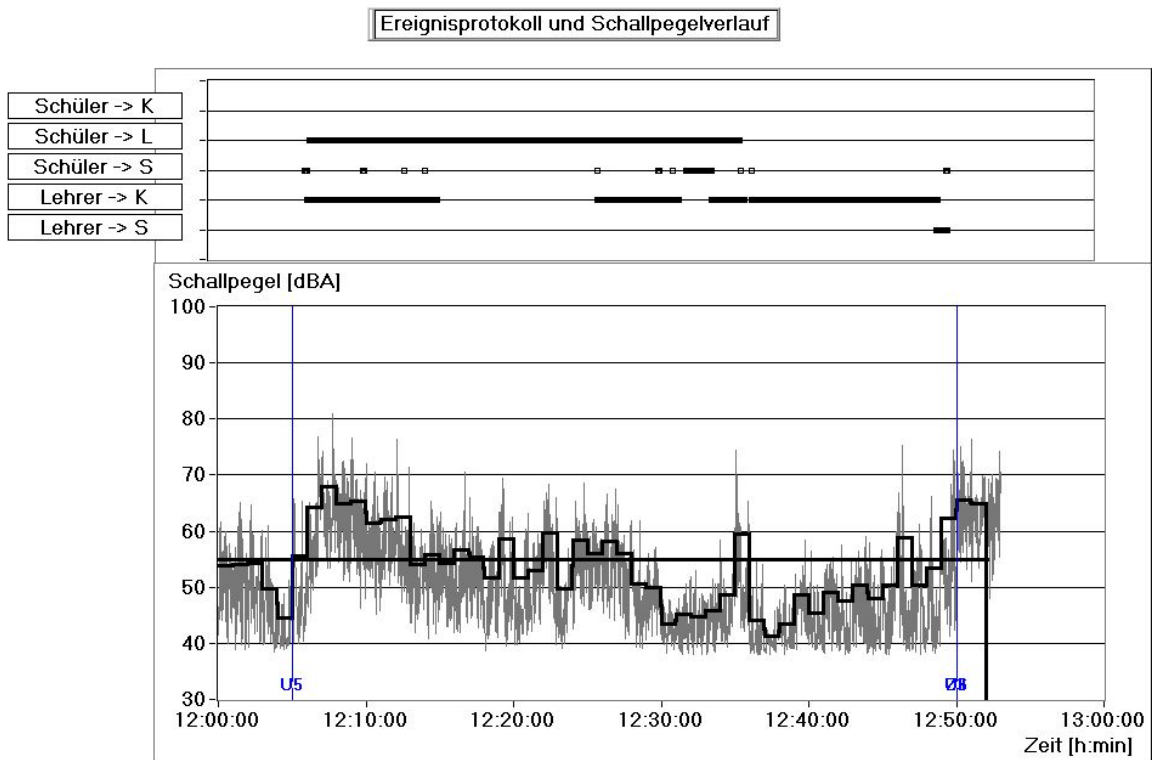


Abb. 4.3 Schule III, 5.U.-Std. aus dem vorherigen Tagesprofil, Förderunterricht

Es lag nahe, dabei vor allem die uns unmittelbar zugänglichen und regelmäßig protokollierten Rahmenbedingungen des Unterrichts zu untersuchen, das waren

- die Schule
- die Schulklasse (Altersstufe, Klassengröße)
- Lehrerin/Lehrer
- Schulfach
- Unterrichtsform
- Platzierung der Unterrichtsstunde (1. – 6. Stunde am Vormittag)
- Klassenraum (akustische Merkmale).

Die zugehörigen Protokollvordrucke sind im Anhang „Rahmenprotokoll“ zu finden.

4.4.2 Schallpegel im Unterricht in den einzelnen Schulen

Wir haben zunächst die in den verschiedenen Schulen beobachteten Unterrichtsstunden und die dort registrierten Schallpegel getrennt voneinander analysiert; der Vergleich ist in Abb. 4.4 dargestellt. In der folgenden Abbildung sind die Medianwerte (Kreise), die 10. Perzentile (Balken nach unten) und die 90. Perzentile (Balken nach oben) für alle in den jeweiligen Schulen beobachteten Unterrichtsstunden dargestellt; da in den verschiedenen Schulen unterschiedlich viele Klassen an den Untersuchungen beteiligt waren, repräsentiert jedes Symbol in Abb. 4.5 unterschiedlich viele Unterrichtsstunden.

Von den 4 Grundschulen (Schulen I, II, III und V) zeichnen sich die ersten beiden durch relativ hohe Schallpegel (Medianwerte 78 bis 79 dB(A)) aus; in den Schulen III und V läuft der Unterricht deutlich leiser ab (Medianwerte bei ca. 64 dB(A)). Auch die Abgrenzungen für die „leiseren“ und die „lauteren“ Unterrichtsstunden (10. und 90. Perzentil) liegen bei um etliche dB(A) niedrigeren Schallpegelwerten als in den Schulen I und II. In diesem Zusammenhang ist beachtenswert, dass die Schulen II und III aus ähnlichen Baujahren stammen und in vergleichbarer Bautechnik errichtet sind; die raumakustischen Merkmale der untersuchten Klassenräume sind sich sehr ähnlich und können als zwar verbesserungsfähig, aber im überregionalen Vergleich

nicht „katastrophal“ eingestuft werden. Immerhin entsprechen sie einigermaßen der („alten“) DIN 18041 von 1969. Schule I ist im Vergleich dazu eine Altbauschule mit deutlich schlechteren akustischen Kennwerten. Diese Befunde tragen zu der Feststellung bei, dass auch andere als die lokalen raumakustischen Bedingungen zu den Geräuschpegeln im Unterricht entscheidend beitragen. Im Fall der Schulen I und III besteht ein sehr wichtiger Unterschied darin, dass die Schule III seit mehreren Jahren ein aufwendiges pädagogisches (oder sozialpädagogisches) Programm mit allen neuen Schulanfängern durchführt, in dem ein dem Schulleben angemessenes (und z.B. geräuschvermeidendes) Verhalten eingeübt wird; daran beteiligen sich sämtliche Lehrkräfte. Nähere Einzelheiten dazu weiter unten.

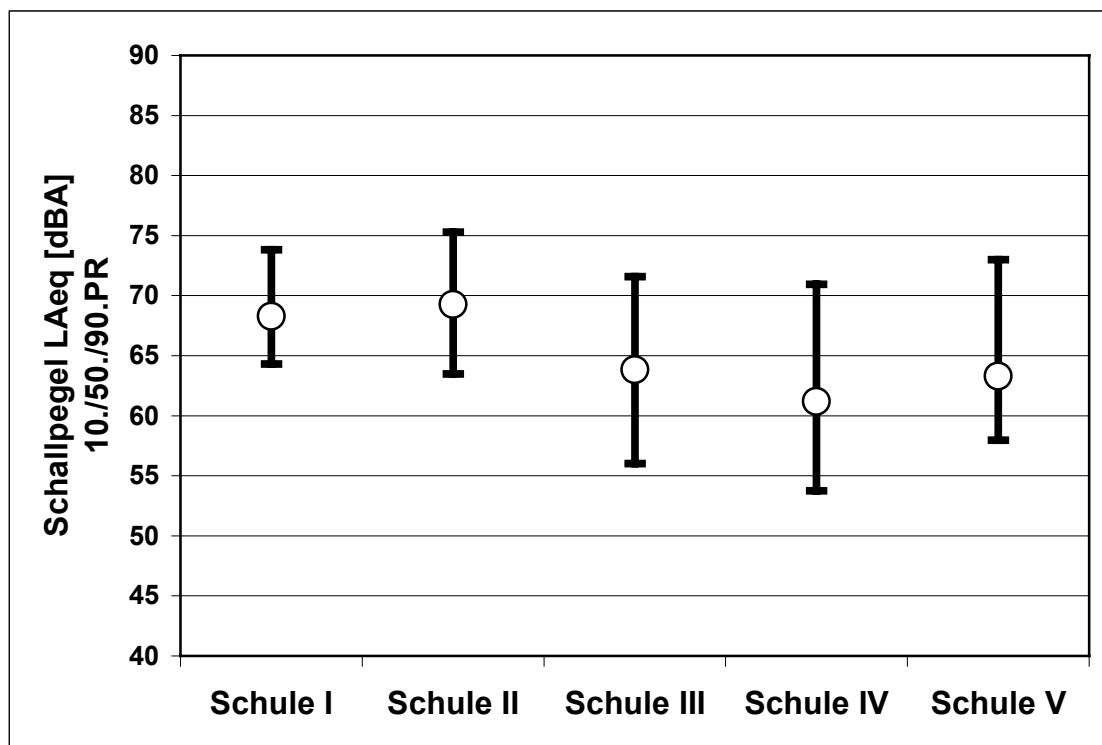


Abb. 4.4 Mittlere Schallpegel in allen beobachteten Unterrichtsstunden in den an der Untersuchung beteiligten Schulen. Medianwerte (Kreise), 10. Perzentile (Balken nach unten) und 90. Perzentile (Balken nach oben). Verkürzte Unterrichtsstunden entspr. Tab. 4.13

Schule IV ist ein Schulzentrum der Sekundarstufe I mit den Jahrgangsstufen 6 – 10. Dass diese Schule mit den niedrigsten Unterrichts-Schallpegeln auffällt, liegt mindestens auch daran, dass wir eine deutliche Abhängigkeit des Geräuschpegels von der Klassenstufe konstatieren konnten (s.a. Kap. 4.4.3).

4.4.3 Unterrichtsschallpegel und Klassenstufe

Bereits in der Phase der Unterrichtsbeobachtung hatten die Beobachter(innen) oft den Eindruck, dass die subjektive Wahrnehmung der Geräuschintensitäten in den verschiedenen Schulklassen unterschiedlich ausfiel in Abhängigkeit von den wechselnden Klassenstufen, in denen sie tätig waren. Im allgemeinen herrschte der (von manchen Lehrkräften bestätigte) Eindruck vor, dass es in den Klassen der Jüngeren lauter zugeht als in denen der Älteren. Da wir über Schallpegelregistrierungen aus allen Klassenstufen von 1 – 10 verfügten, konnte dieser subjektive Eindruck anhand der objektiven Messungen überprüft werden.

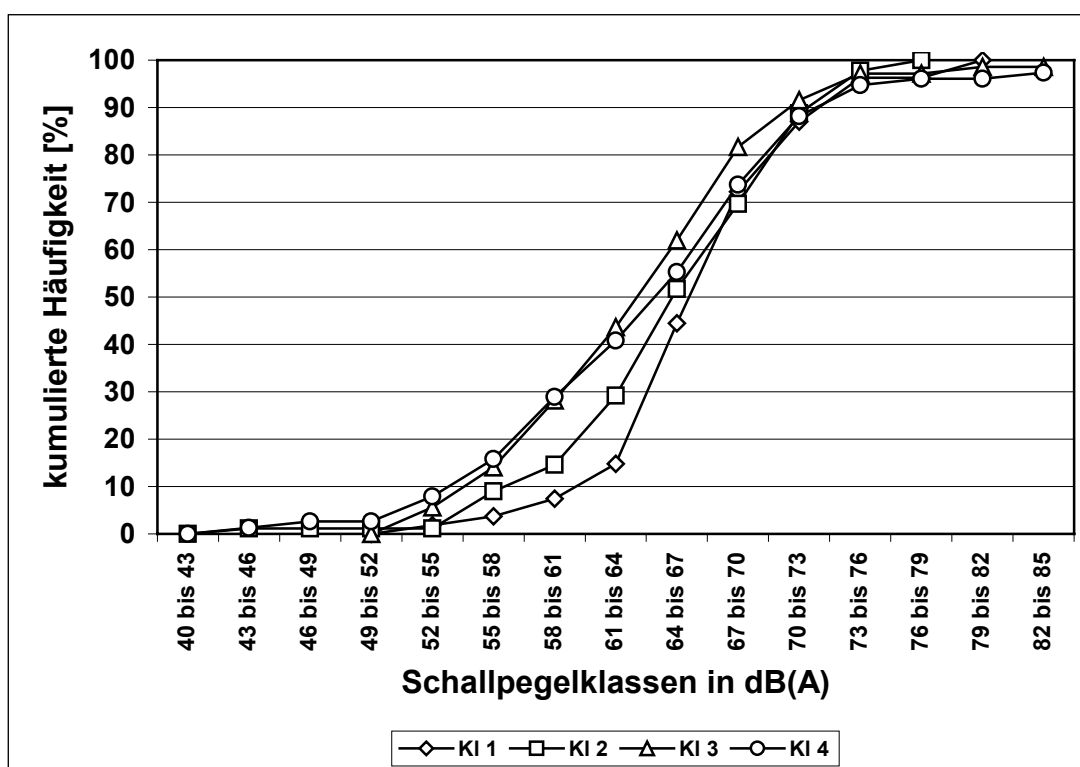


Abb. 4.5 Kumulierte Häufigkeiten der Schallpegel in Unterrichtsstunden der 4 Klassenstufen der Grundschule. Medianwerte der Verteilung mittlerer Schallpegel in verkürzten Unterrichtsstunden. Weiter links liegende Kurven zeigen niedrigere, weiter rechts liegende Kurven höhere Schallpegel an

Obwohl hier Aufzeichnungen aus allen 4 beteiligten Grundschulen zusammengefasst sind, ist deutlich eine Abhängigkeit von den Altersstufen zu erkennen, zumindest in der Weise, dass die 1. und 2. Klassen die „lauteren“ und die 3. und 4. Klassen die „leiseren“ sind.

Dies gilt auch, wenn man die beiden Klassen der Orientierungsstufe (5. und 6., Abb. 4.6) und die 4 Jahrgänge der Sekundarstufe I (7.,8.,9. und 10., Abb. 4.7) hinzunimmt.

Zwischen der 5. und der 6. Klasse ist die Altersabhängigkeit deutlich, und auch zwischen der 7. und der 10. Klasse findet sich eine Pegeldifferenz von ca. 9 dB(A).

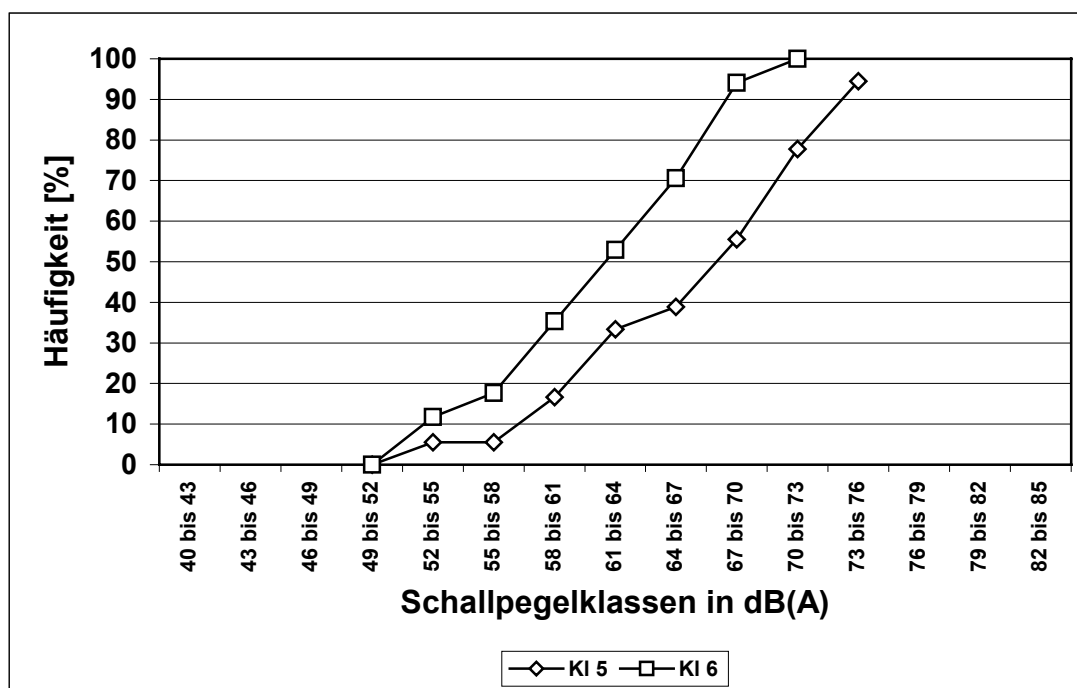


Abb. 4.6 Kumulierte Häufigkeiten der Schallpegel in Unterrichtsstunden der 2 Klassenstufen der Orientierungsstufe. Medianwerte der Verteilung mittlerer Schallpegel in verkürzten Unterrichtsstunden

Ähnliche Befunde ergeben sich, wenn statt des über die Unterrichtsstunde gemittelten L_{Aeq-k} der L_{A95-k} untersucht wird. Auch hier zeichnet sich deutlich ab, dass Schulklassen der Jüngeren einen höheren Grundgeräuschpegel erzeugen als die der Älteren.

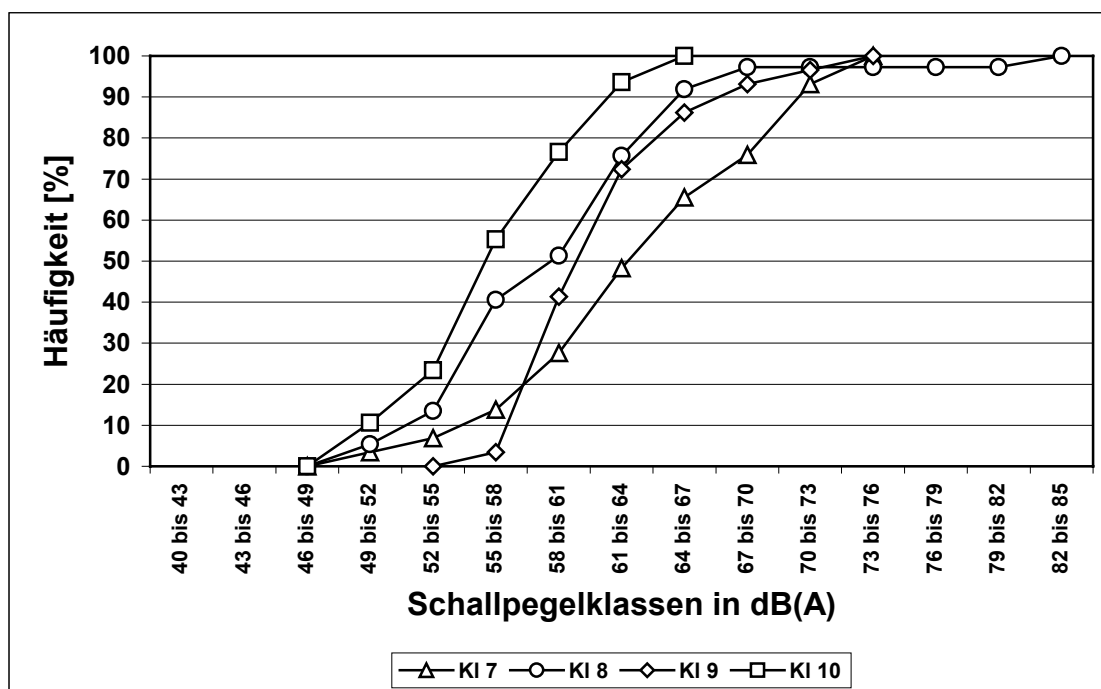


Abb. 4.7 Kumulierte Häufigkeiten der Schallpegel in Unterrichtsstunden der 4 Klassenstufen der Sekundarstufe I. Medianwerte der Verteilung mittlerer Schallpegel in verkürzten Unterrichtsstunden

4.4.4 Geräuschpegel in Grundschulklassen in unterschiedlichen Schulen

Die Auswertung der Schallpegel aus den verschiedenen Klassenstufen hatte eine prinzipielle Abhängigkeit ergeben; zugleich hatten wir festgestellt, dass in den Grundschulen, die an unserem Untersuchungsprogramm teilnahmen, etwas divergierende „Schallverhältnisse“ vorlagen. Es bot sich an, zu untersuchen, wie die Geräuschentwicklung in jeweils übereinstimmenden Klassenstufen in den 4 Grundschulen ausgeprägt war. Wir haben das für alle Grundschuljahrgänge überprüft.

Für die drei 1. Klassen (1 x Schule I, 2 x Schule III) ergaben sich keine auffälligen Unterschiede, die beiden Klassen aus Schule III tendierten zwar etwas zu niedrigeren L_{Aeq} -Werten, aber das war nicht sehr deutlich. Ein übersichtlicheres Bild ergab sich bei den fünf 2. Klassen (Abb. 4.8).

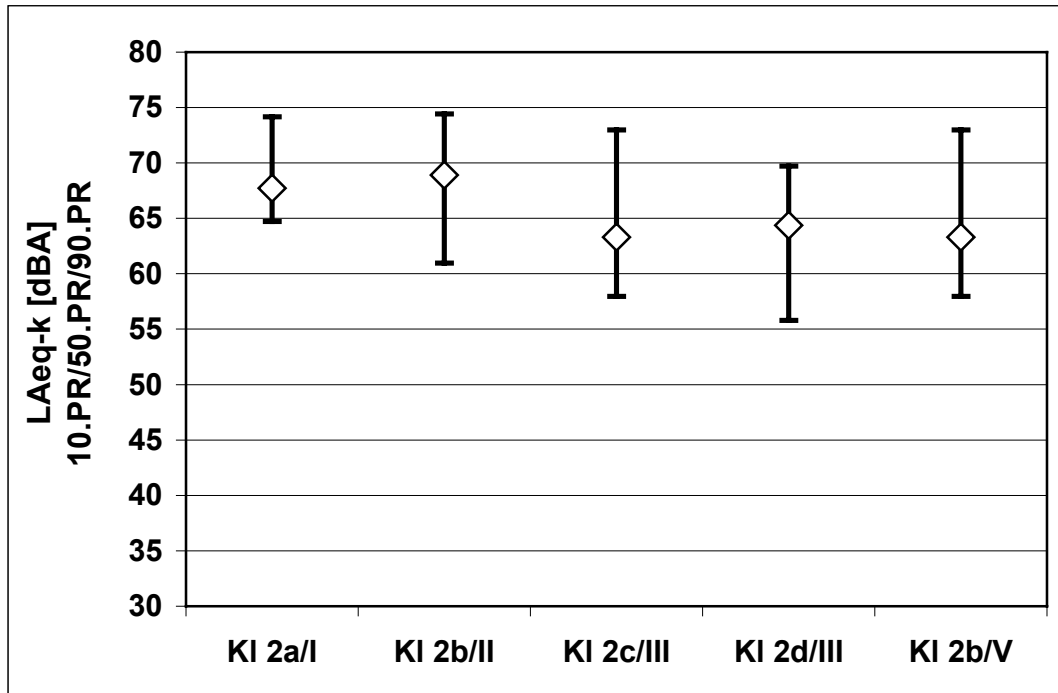


Abb. 4.8 Schallpegelwerte in fünf 2. Klassen aus 4 Grundschulen. L_{Aeq-k} Werte (Mediane, 10. und 90. Perzentile)

Hier bildet sich praktisch wieder ab, was schon im Schul-Vergleich festgestellt wurde: Die 2. Klassen aus den Schulen I und II erzeugen deutlich höhere Schallpegel als diejenigen aus den Schulen III und V.

Die vier 3. Klassen stammen aus 2 Schulen (I und III) von denen die eine (I) uns schon als „eher laute“ Schule, die andere (III) als „eher leise“ Schule aufgefallen war. Das bestätigte sich auch in den kumulierten Schallpegelverteilungen aus den 4 Klassen: Diejenigen aus Schule I lagen um einige dB(A) auf der „lauteren“ Seite als die entsprechenden Klassen aus Schule III (Abb. 4.6).

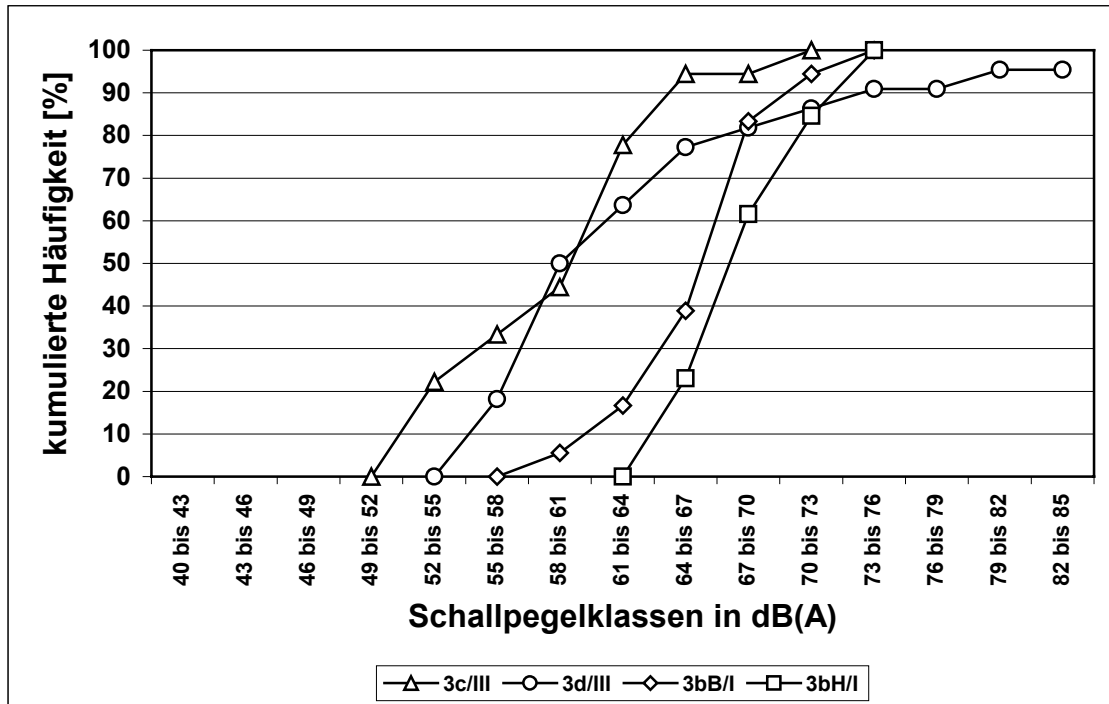


Abb. 4.9 Kumulierte Häufigkeiten der Schallpegel in Unterrichtsstunden in 3. Klassen aus zwei Grundschulen

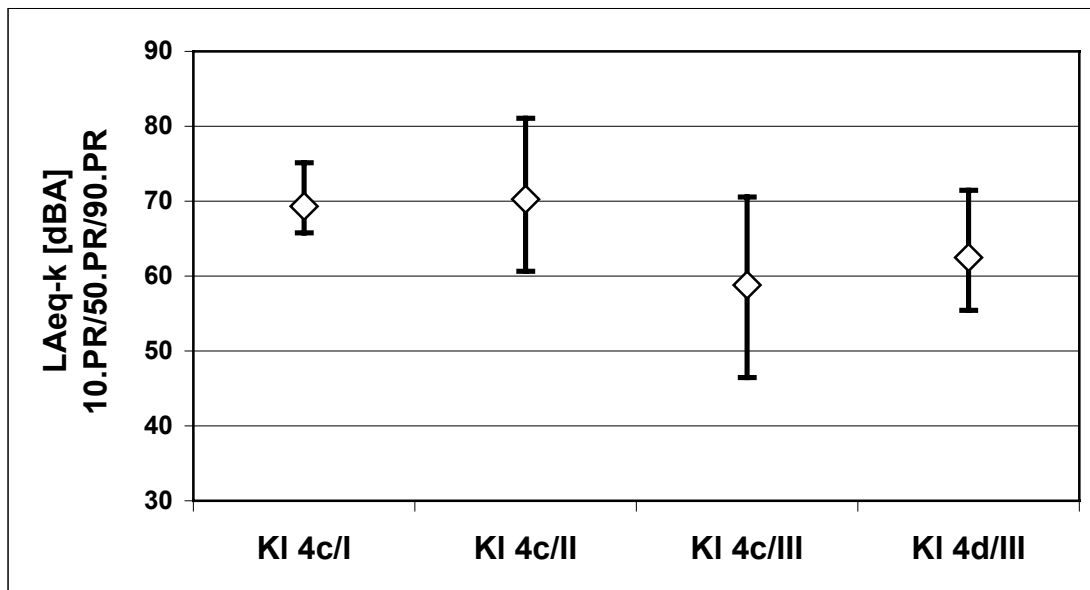


Abb. 4.10 Schallpegelwerte in vier 4. Klassen aus 3 Grundschulen. L_{Aeq-k} Werte (Mediane, 10. und 90. Perzentile)

Bei den 4. Klassen bestätigt sich ebenfalls, dass in der „leiseren“ Grundschule (III) auch die beiden 4. Klassen die weniger intensiven Unterrichtsgeräusche produzie-

ren, während in den „lauteren“ Grundschulen auch die zugehörigen 4. Klassen deutlich auf der lauterer Seite sind.

4.4.5 Geräuschpegel in der Sekundarstufe I

In der Sekundarstufe I (Schule IV) konnten wir in jeder Klassenstufe (7. – 10.) in je einer Klasse der drei Schulzweige Hauptschule, Realschule und Gymnasium 1 Woche lang den Unterricht beobachten. Die Analyse der Unterrichts-Schallpegel konzentrierte sich hier darauf, Unterschiede zwischen den Schulzweigen zu prüfen. Allerdings sollte festgehalten werden, dass die verschiedenen Schulzweige deutlich in der Schülerpopulation voneinander abwichen.

Abb. 4.11 – 4.14 zeigen die Geräuschsituation in den 7. -10. Klassen. In allen 4 Klassenstufen finden sich beachtliche Unterschiede im Unterrichtsschallpegel. Manchmal (7. Klassen) ist es in der Hauptschulklasse am leisesten und in der Gymnasialklasse deutlich lauter; in anderen Jahrgängen (8., 9. und 10. Klassen) gehören die Hauptschulklassen zu den lautesten. Unter den 10. Klassen fällt die Gymnasialklasse als die leiseste auf. Man gewinnt den Eindruck, dass der Schulzweig keine so große Rolle für die Lautstärke des Unterrichts spielt. Es scheint so, als hätten individuelle Merkmale jeder Schulklasse, deren Sozialisationsgeschichte und die pädagogische Beeinflussung durch die unterschiedlichen Lehrerinnen und Lehrer – wie das eigentlich auch anzunehmen und wünschenswert ist – einen mitentscheidenden Einfluss.

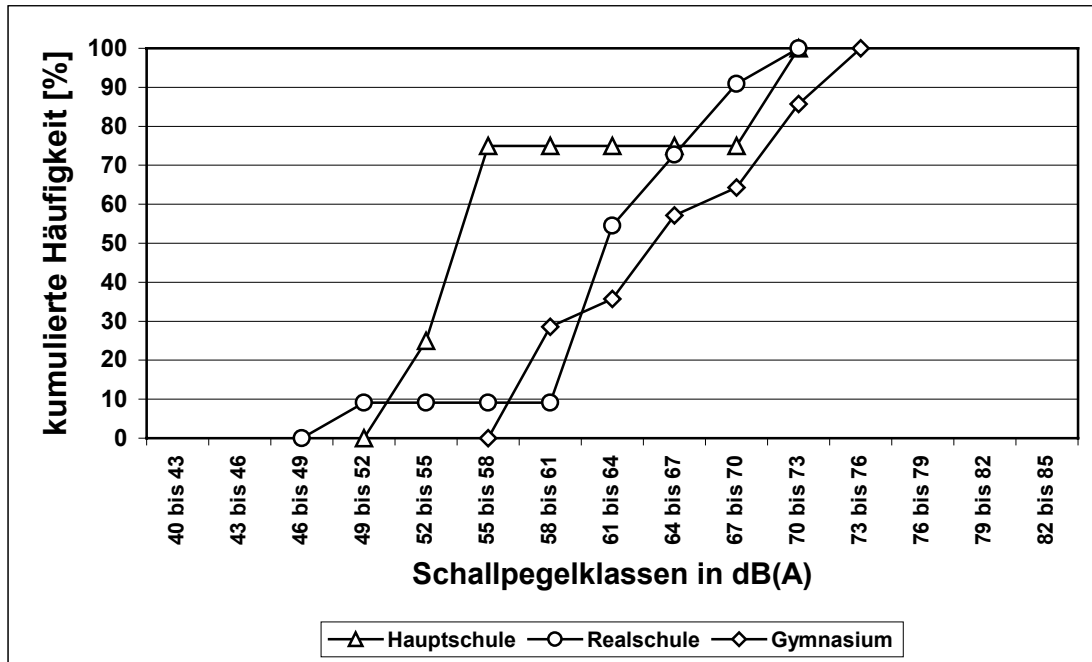


Abb. 4.11 Kumulative Häufigkeiten der Schallpegel in Unterrichtsstunden der 7. Klassen

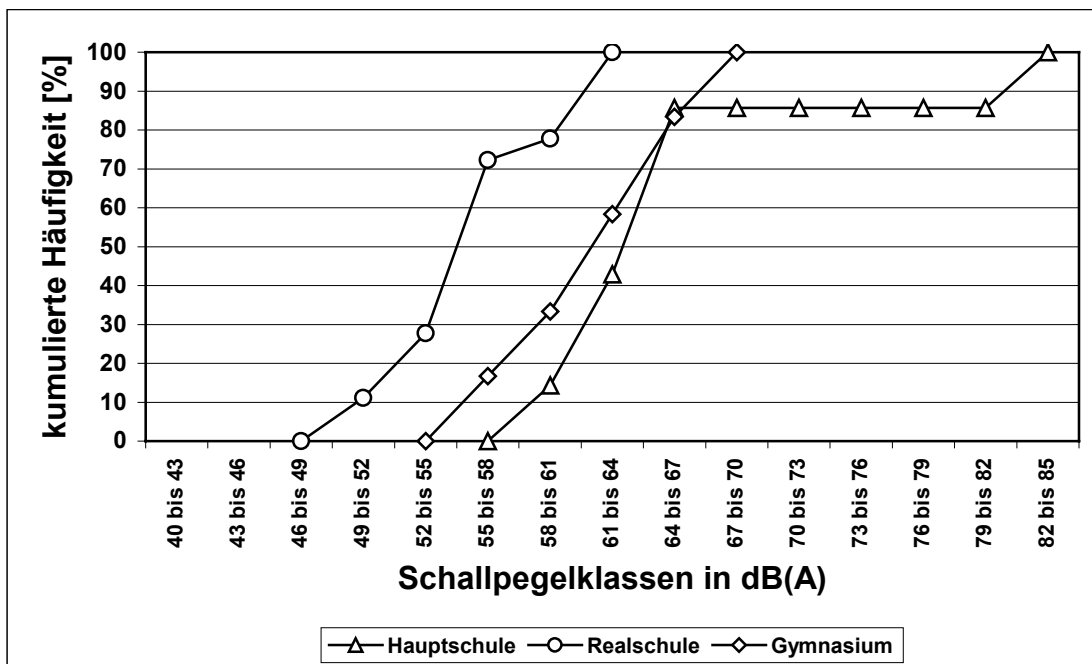


Abb. 4.12 Kumulative Häufigkeiten der Schallpegel in Unterrichtsstunden der 8. Klassen

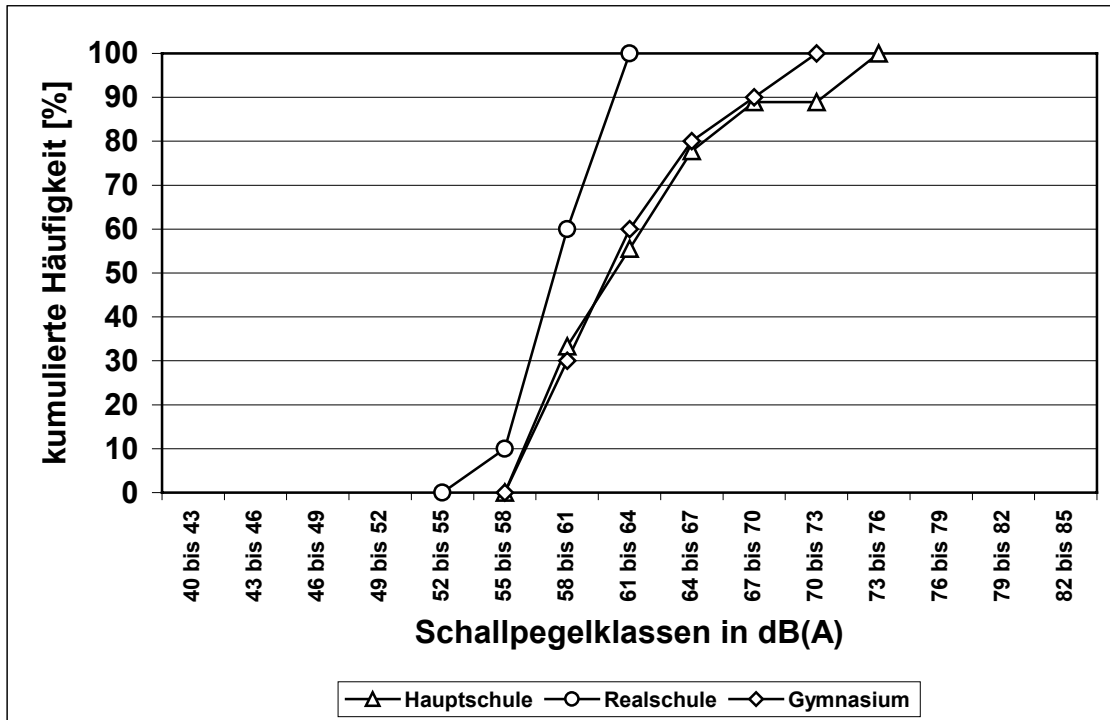


Abb. 4.13 Kumulative Häufigkeiten der Schallpegel in Unterrichtsstunden der 9. Klassen

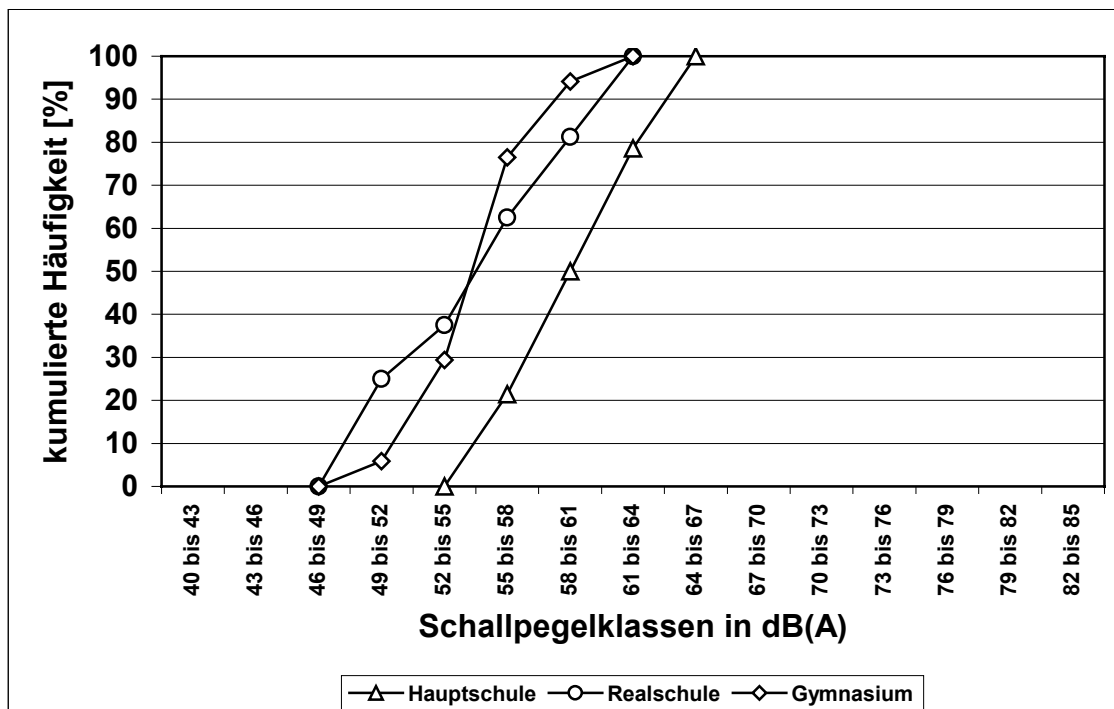


Abb. 4.14 Kumulative Häufigkeiten der Schallpegel in Unterrichtsstunden der 10. Klassen

4.5 Schallpegel und Unterrichtsmerkmale

4.5.1 Störungen

Eines der Probleme, die in der Vorbereitung der Projektarbeiten eine entscheidende Rolle spielten, war die Frage, welcher Anteil der im Schulunterricht auftretenden Geräuschphänomene für die Abwicklung von Lehr-Lern-Prozessen notwendig ist, also als „Nutzgeräusch“ den Zielen des Unterrichts dient, und welcher Anteil dafür nicht erforderlich ist und damit überflüssig oder sogar als Störung, Behinderung oder Belästigung erscheint. Der Unterschied zwischen Nutz- und Störsignalen oder ihr Verhältnis bezüglich der Intensität oder der Häufigkeit entscheidet offensichtlich neben den physikalischen (akustischen) Umgebungsbedingungen mit über die Qualität der verbal-auditiven Kommunikation, der Sprachverständlichkeit und Anstrengung beim Sprechen.

Eine genaue Trennung war angesichts der unscharfen Definition von Nutz- und Störsignalen und der Mehrdimensionalität dieser Begriffe schwer möglich. Wir konnten aber zumindest viele Ereignisse im Unterricht a) als Geräuschquellen identifizieren und b) sie als notwendige Bestandteile des Unterrichts (funktionale Geräusche) oder mindestens als inhaltlich ohne Zusammenhang mit dem Unterricht (dysfunktionale Geräusche) einordnen.

Die Kategorien von Ereignissen, die dafür der Unterrichtsbeobachtung zu Grunde gelegt wurden, sind in Tab. 3.5 zusammengestellt. Als „dysfunktional“ müssen hier vor allem viele der Aktivitäten der Gruppe Z1 (Schülergeräusche) eingestuft werden, aber auch die Items der Gruppen Z2 bis Z5 dienen nicht dem Unterrichtsprozess selbst, aber wenigstens zum Teil dessen Organisation. Als erstes war festzustellen, wie oft solche Ereignisse in den beobachteten Unterrichtsstunden registriert wurden (nicht in allen Fällen ist die operationale Definition der verschiedenen Kategorien so eindeutig, dass nicht ein gewisser Interpretations-Spielraum zugestanden werden müsste).

In einem ersten Schritt wurde unter Einbeziehung aller beobachteten Unterrichtsstunden ausgezählt, wie oft die unterschiedlichen Itemgruppen im Mittel der analy-

sierten Stunden vorkamen (Abb. 4.15). Erwartungsgemäß kamen Ereignisse aus den Gruppen Z2 bis Z5 nur vereinzelt vor; der Medianwert aller Ereignishäufigkeiten über alle Unterrichtsstunden lag deutlich unter 10 x pro Unterrichtsstunde. Eine Ausnahme machten „dysfunktionale“ Schüleraktivitäten (Z1); der Medianwert des Vorkommens in allen Unterrichtsstunden lag bei 30 solcher Ereignisse, in 10 % aller Stunden wurden 59 Schüleraktivitäten über- und in 10 % der Stunden 11 Aktivitäten unterschritten.

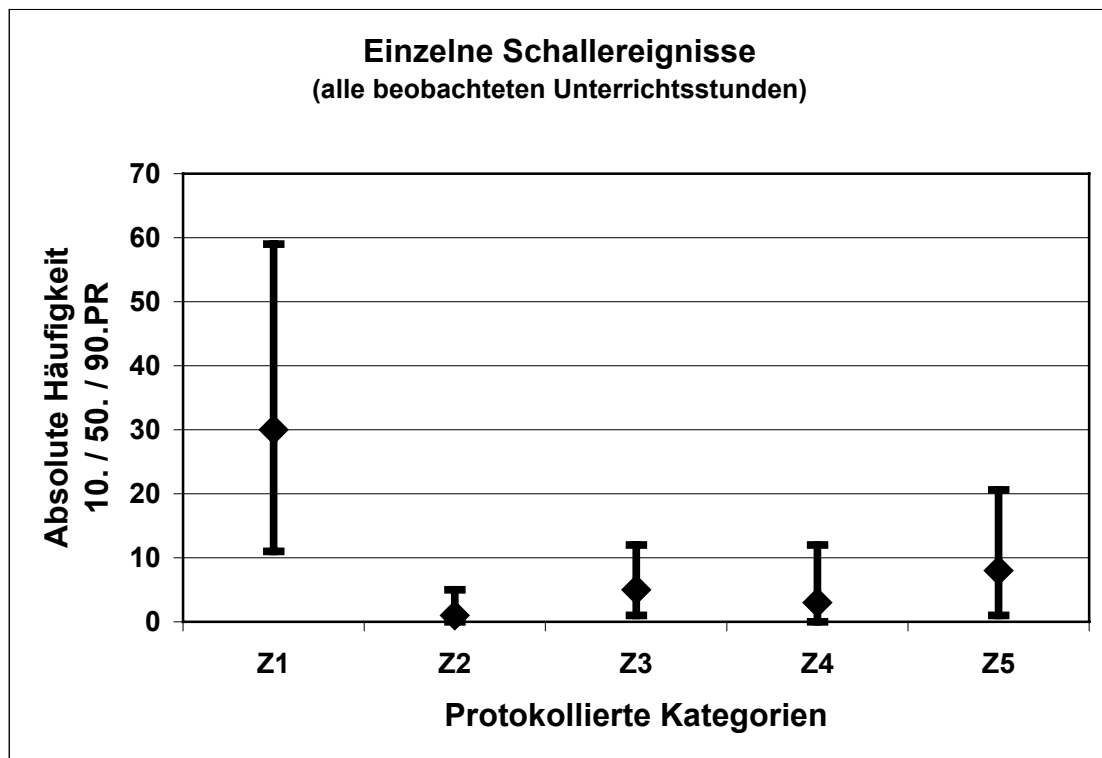


Abb. 4.15 Häufigkeit gar nicht oder nur teilweise unterrichtsbezogener Ereignisse in allen beobachteten Unterrichtsstunden (verkürzte Form). Medianwerte, 10. und 90. Perzentile

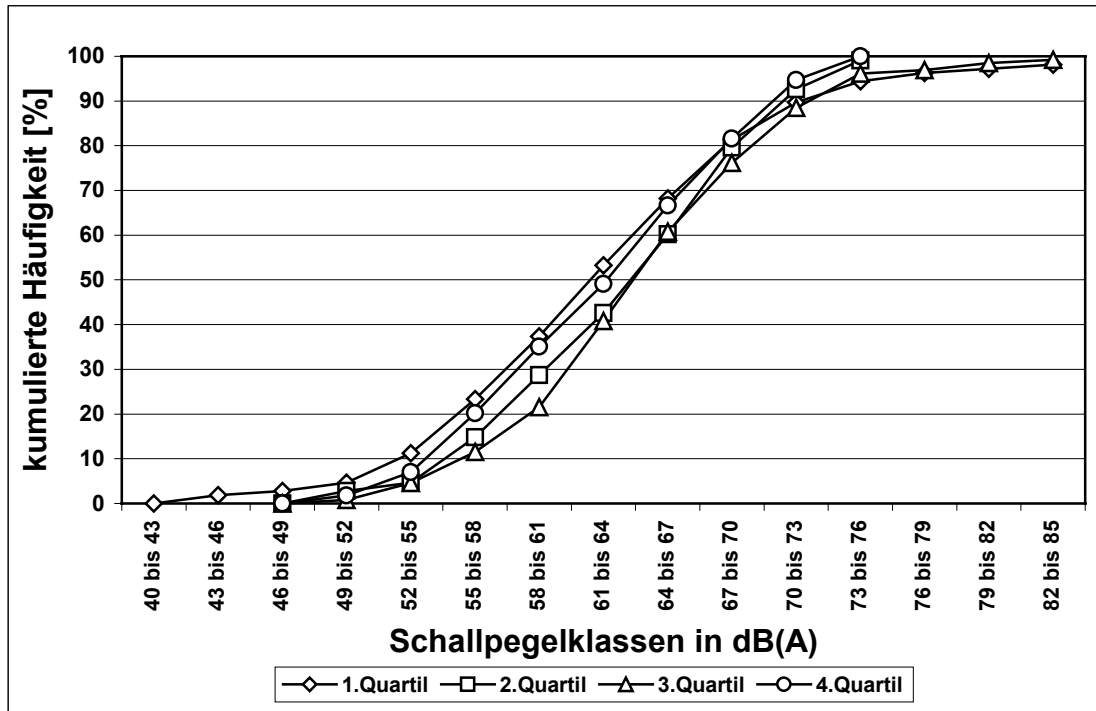


Abb. 4.16 Kumulative Häufigkeit der Schallpegel (L_{Aeq-k}) in Unterrichtsstunden mit selteneren oder häufigeren Störungsfällen

Wenn die verschiedenen Unterrichtsstunden nach der Häufigkeit solcher mehr oder weniger als „Störungen“ wahrgenommener Ereignisse angeordnet und in 4 Quartile mit weniger oder zunehmend mehr Störungen unterteilt werden, kann auch deren Auswirkung auf die Unterrichts-Schallpegel geprüft werden (Abb. 4.16). Dabei zeigt sich, dass ein systematischer Zusammenhang zwischen dem Geräuschpegel im Unterricht und der Häufigkeit von Ereignissen, die nicht in unmittelbarem Zusammenhang mit dem Unterrichtsgegenstand stehen, nicht festgestellt werden kann.

Das gilt nicht nur den mittleren Geräuschpegel, sondern genauso deutlich für den „Grundgeräuschpegel“ L_{A95} (Abb. 4.17).

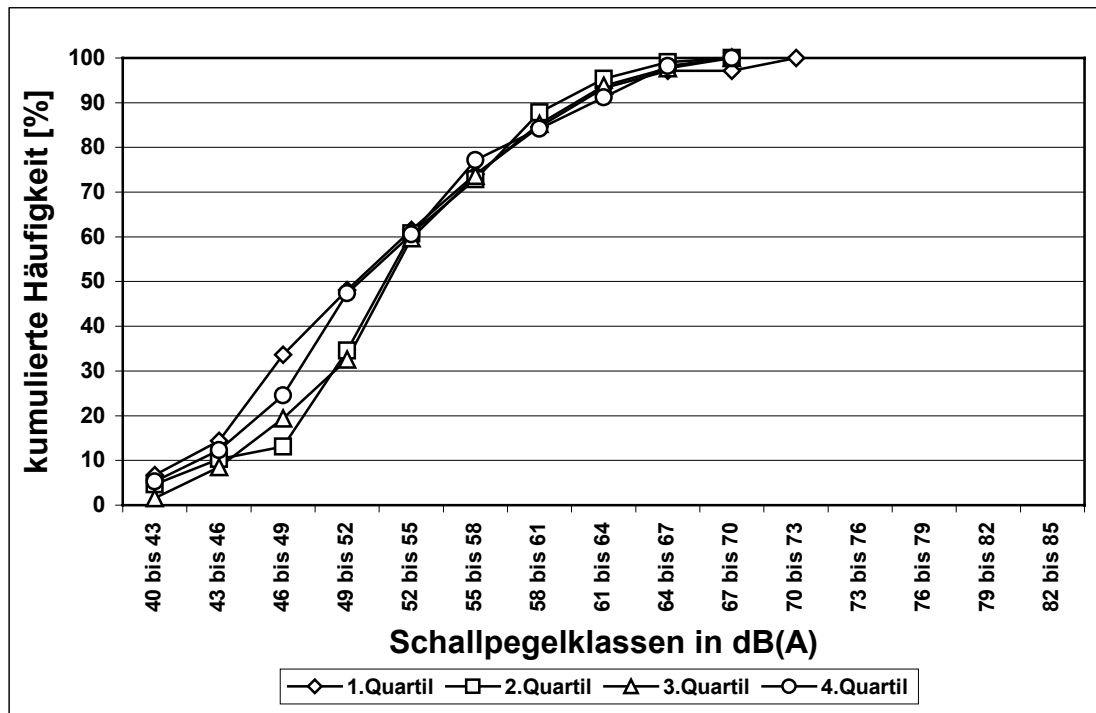


Abb. 4.17 Kumulierte Häufigkeiten der Grundgeräuschpegel (L_{A95-k}) in Abhängigkeit von der Häufigkeit von Störungsfällen

4.5.2 Sozialform des Unterrichts

4.5.2.1 Vorkommen unterschiedlicher Sozialformen in den beobachteten Unterrichtsstunden

Eine der Aufgaben der Unterrichtsbeobachtung bestand darin, die von den Lehrerinnen und Lehrern praktizierten Sozialformen des Unterrichts zu protokollieren, weil vermutet werden durfte, dass unter anderem von diesem Faktor die Geräuschpegel im Unterricht beeinflusst wurden. Protokolliert wurden folgende Kategorien:

1. Frontalunterricht (Lehrer(in) spricht; Schüler(innen) hören zu
2. Gruppenarbeit
3. Partnerarbeit
4. Einzelarbeit
5. Sonstiges

Weil 2. Gruppenarbeit und 3. Partnerarbeit nicht immer eindeutig zu unterscheiden waren, haben wir sie gelegentlich zu einer gemeinsamen Kategorie zusammengefasst:

Gruppenarbeit + Partnerarbeit = ‚Gruppenarbeit–N‘

Die Kategorie 5. Sonstiges umfasste z.B.

Morgenkreis,
geteilte Aufgaben in unterschiedlichen Räumen,
geteilter Unterricht innerhalb der Klasse,
Aktionen außerhalb der Klasse,
Spiel,
Unterbrechungen durch andere Personen.

Eine Kategorie „Diskurs; diskursiver Unterricht“ haben wir nicht vorgesehen; stattdessen wurden alle Unterrichtsgespräche einschließlich der Personen, zwischen denen sie abliefen, mit hoher zeitlicher Auflösung registriert (s.u. 4.5.3).

Eine erste Übersicht über die in allen beobachteten Unterrichtsstunden protokollierten Sozialformen gibt Abb. 4.18 . Es zeigt sich, dass „Frontalunterricht“ am häufigsten, „Gruppenarbeit“, „Partnerarbeit“ und „Einzelarbeit“ deutlich seltener registriert wurden. Auffällig ist auch der relativ hohe Anteil von Protokollvermerken zur Sozialform, der sich keiner der ersten 4 Kategorien zuordnen ließ.

Der in Abb. 4.18 wiedergegebene Sachverhalt trifft allerdings nicht für alle Schulstufen und Klassenstufen gleichmäßig zu. Eine Unterteilung in Grundschule (GS), Orientierungsstufe (OS) und Sekundarstufe I (S I) (Abb. 4.19) zeigt, dass „Frontalunterricht“ vor allem in OS und S I dominiert, während in der GS „Einzelarbeit“ den größten Anteil hat und auch „Sonstiges“ noch stärker vertreten ist; „Frontalunterricht“, der in den höheren Schulstufen fast die Hälfte der protokollierten Sozialformen ausmacht, erreicht in der GS gerade noch ein Viertel.

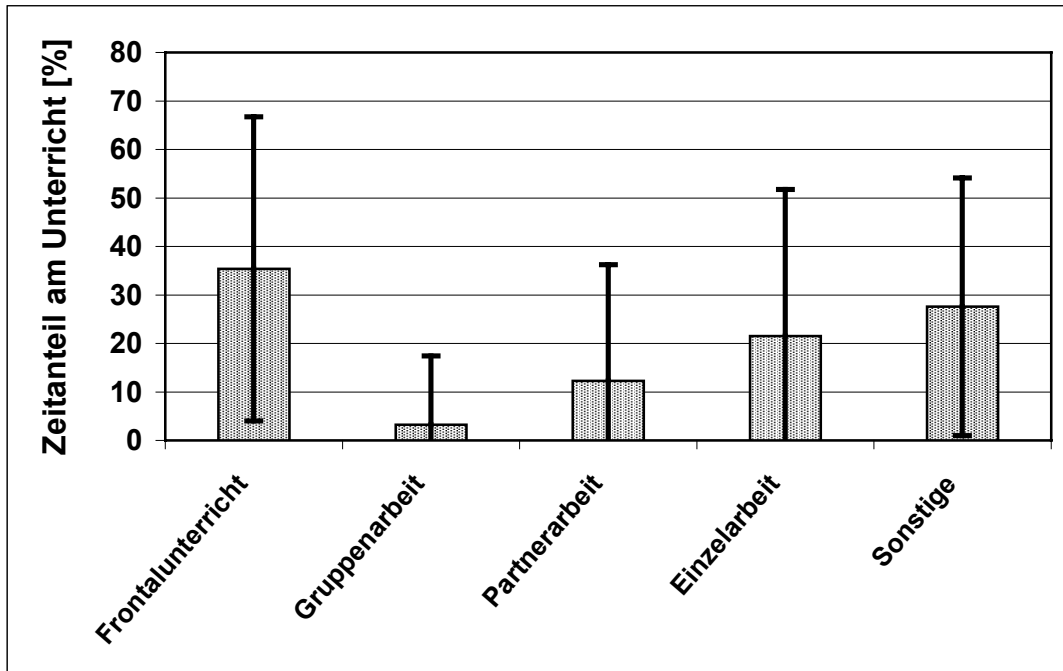


Abb. 4.18 Verteilung der Sozialformen des Unterrichts auf alle beobachteten 439 Unterrichtsstunden. Mittelwerte und Streuung

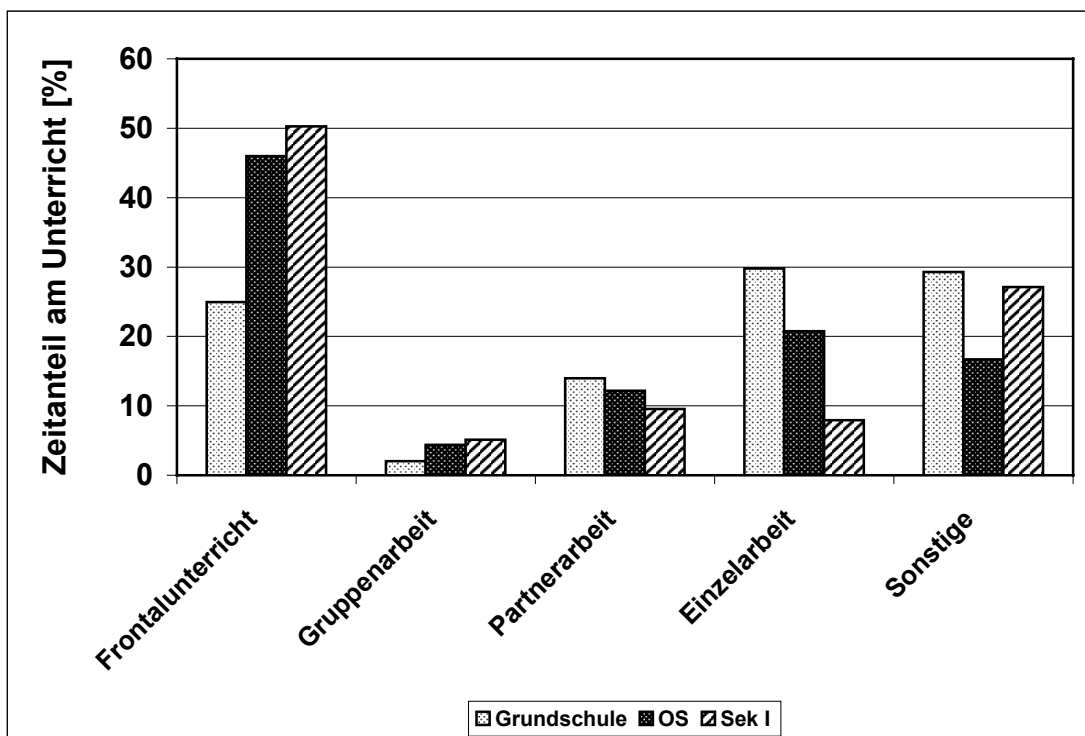


Abb. 4.19 Verteilung der Sozialformen des Unterrichts auf Unterrichtsstunden in den verschiedenen Schulstufen. Mittelwerte aus einer unterschiedlichen Anzahl von Unterrichtsstunden

Weil die Verteilung der Sozialformen in den verschiedenen Schulstufen so unterschiedlich ausfiel, haben wir die Sozialformen Frontalunterricht und Einzelarbeit auch bezüglich der Klassenstufe analysiert (Abb. 4.20 – 4.21):

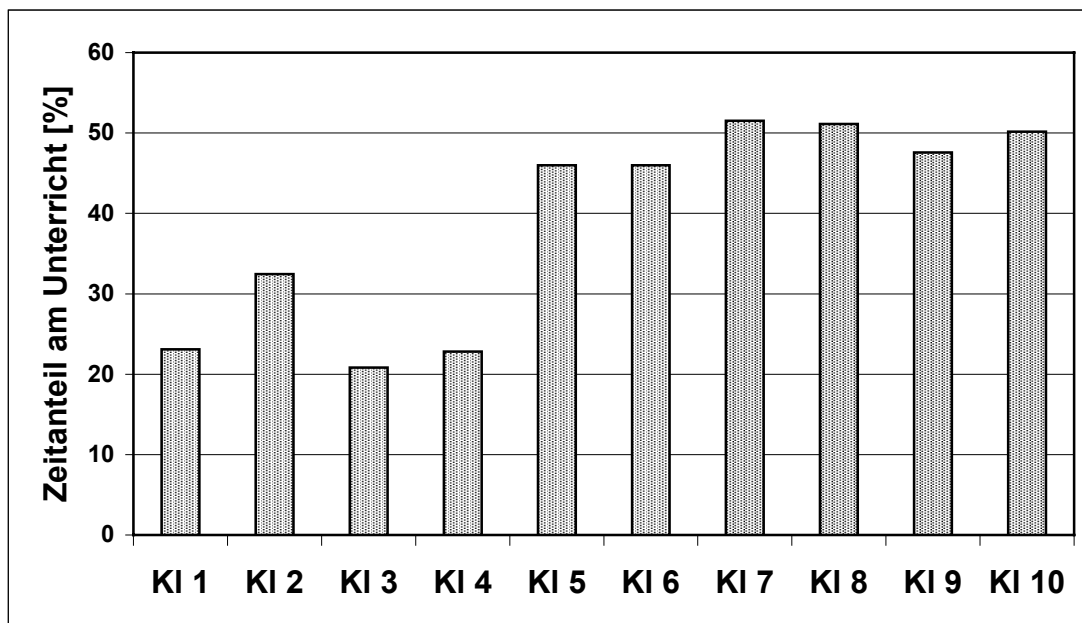


Abb. 4.20 Zeitanteile des Frontalunterrichts, sortiert nach Klassenstufen

Ein gegenläufiges Bild ergibt sich für die Einzelarbeit in Abbildung 4.21.

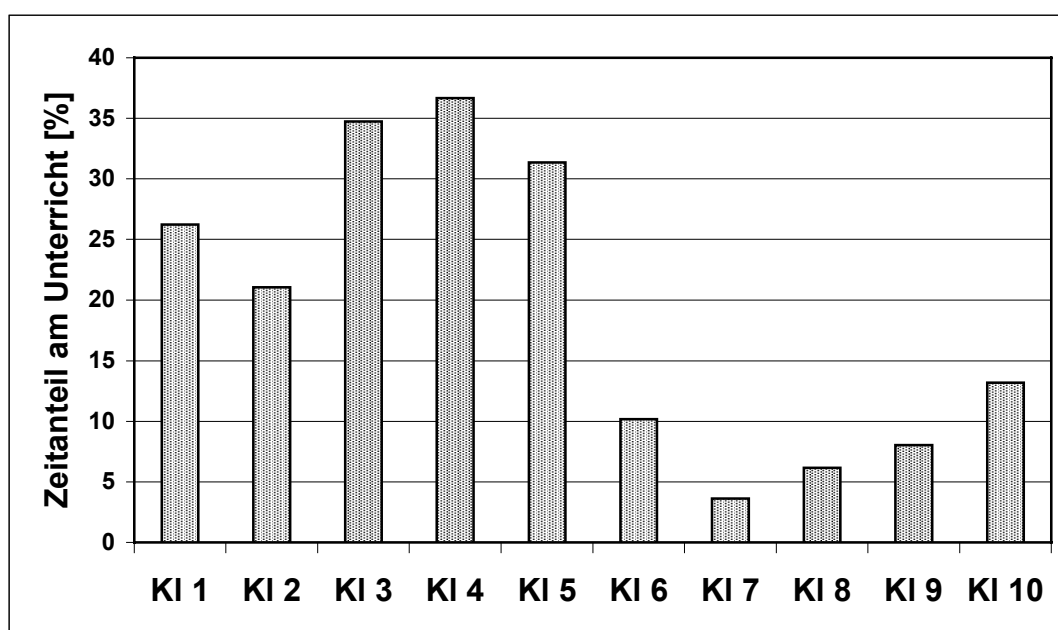


Abb. 4.21 Anteil Einzelarbeit über alle Schulen, sortiert nach Jahrgangsstufe

Wenn man die Sozialformen in den Grundschul-Jahrgängen nach Schulen, innerhalb von Schule IV nach Schulzweigen und innerhalb größerer Grundschulen erneut nach Klassenstufen aufschlüsselt, ergeben sich wiederum unsystematische Unterschiede, die offenbar von individuellen pädagogischen Konzepten und Verfahrensweisen der Lehrkräfte abhängen; derartige Gesichtspunkte konnten mit dem Instrumentarium der vorliegenden Untersuchung nicht erfasst werden.

4.5.2.2 Sozialform des Unterrichts und Unterrichts-Schallpegel

Um die Auswirkungen der Sozialform des Unterrichts auf den Unterrichts-Schallpegel beurteilen zu können, haben wir für den dominierenden „Frontalunterricht“ die insgesamt beobachteten Unterrichtsstunden in drei Gruppen aufgeteilt: Solche, bei denen höchstens 20 % (der verkürzten) Stunden durch Frontalunterricht in Anspruch genommen wurden (N = 188), eine weitere Gruppe, bei der es zwischen 20 und 60 % waren (N = 136), und eine letzte Gruppe mit Frontalunterricht über 60 – 100 % der Zeit (N = 118). Verteilt auf alle 456 Unterrichtsstunden und aufgeschlüsselt nach Klassenstufen ergab sich das Bild in Abb. 4.22; in dieser Darstellung wurden die Unterrichtsstunden mit einem mittleren Anteil von Frontalunterricht (20 – 60 %) fortgelassen und nur die Unterrichtsstunden mit besonders geringem (bis 20 %) oder besonders hohem Anteil (über 60 %) berücksichtigt.

Wie sich zeigt, haben unterschiedliche Anteile an Frontalunterricht keinerlei systematischen Einfluss auf den Schallpegel im Unterricht; es bildet sich lediglich der allgemeine Befund wieder ab, dass es in den Klassen der Jüngeren lauter zugeht als in denen der Älteren.

Dasselbe gilt für die Sozialform „Einzelarbeit“. In Unterrichtsstunden mit geringem Anteil an Einzelarbeit ist es häufig etwas lauter, offenbar, weil Einzelarbeit häufiger den Charakter von „Stillarbeit“ annimmt. Das wirkt sich nicht so deutlich aus, weil Einzelarbeit nur in den Grundschulen häufiger vorkommt, und da geht es ohnehin etwas lauter zu als in OS und SEK I.

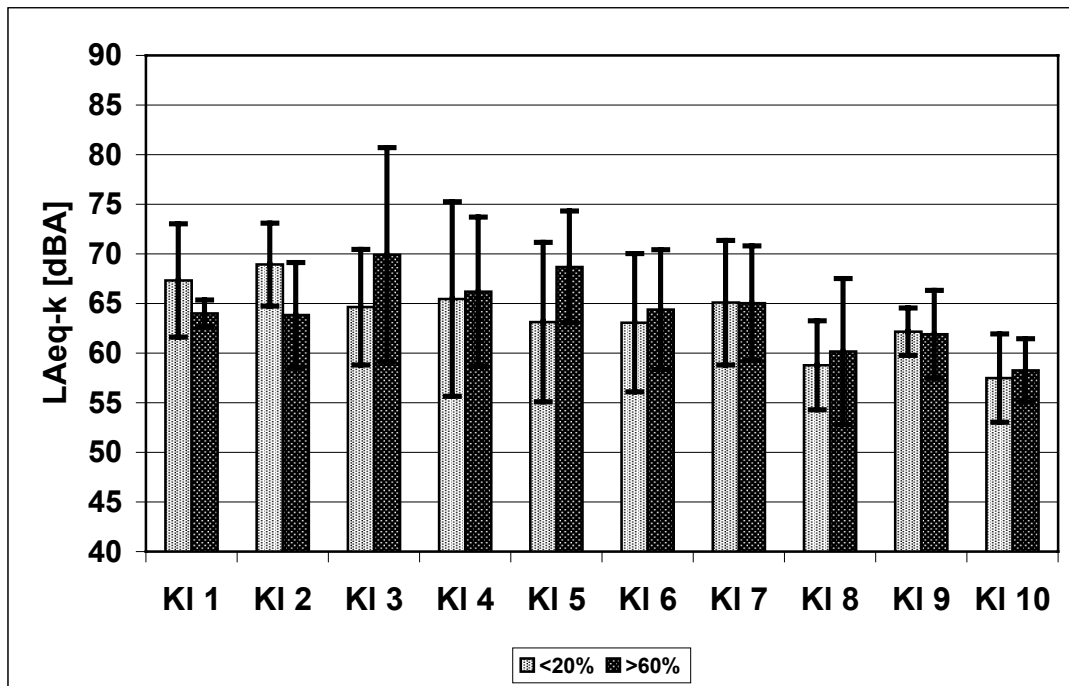


Abb. 4.22 Schallpegel in Unterrichtsstunden mit hohem oder niedrigem Zeit-Anteil von Frontalunterricht. Mittelwerte und Streuung

Insgesamt muss festgehalten werden, dass die Sozialform des Unterrichts weniger Einfluss auf den Geräuschpegel hat, als wir ursprünglich vermutet haben. In einzelnen Unterrichtsstunden hat sich gezeigt, dass es schlagartig leiser wurde, wenn aus irgendeiner Form des Diskurses hin zu Stillarbeit gewechselt wurde, und dass ein Wechsel in der Gegenrichtung den gegenteiligen Effekt hatte. Allerdings wirkt sich dieser Zusammenhang im Mittel kaum aus, solange eine solche Arbeitsform (Einzelarbeit unter Stillarbeitsbedingungen) eine vernachlässigbare Rolle spielt gegenüber der auch „pädagogisch“ schwer zu verstehenden Dominanz des Frontalunterrichtes.

„Gruppenarbeit-N“ kam insgesamt sehr selten vor, in 290 Unterrichtsstunden nur über höchstens 1 % der Zeit; in 39 U-Stunden wurden Anteile zwischen 1 und 20 %, in 50 Stunden zwischen 20 und 50 % und in 68 Stunden zwischen 50 und 100 % registriert. Alle diese Unterschiede hatten keinen Einfluss auf die Unterrichts-Schallpegel. Dasselbe gilt für die Kategorie „Sonstiges“, deren Einfluss ebenso unabhängig von der Häufigkeit war, mit der sie registriert wurde.

4.5.3 Sprechen im Unterricht

Wenn im Unterricht gesprochen wird, liegt das „in der Natur der Dinge“; schon mehrfach ist darauf hingewiesen worden, dass verbal-auditive Kommunikation eine zur Erfüllung der Lehr-Lern-Funktionen unseres Schulsystems wichtige Rolle spielt, ohne die wir uns „Schule“ kaum vorstellen könnten. Solange Sprechen in diesem Sinn, als notwendiger Informationsaustausch „im Dienst der Aufgabe“ erfolgt, ist es ein Nutzgeräusch, dessen Erwünschtheit durch jüngere und im vorliegenden Bericht erneut skizzierte Diskussion über die Klassenraumakustik nur unterstrichen wird. Deren Ziel ist schließlich, sicherzustellen, dass dieses Nutzgeräusch seinen oder seine Adressaten unverfälscht erreicht und zu 100 % verstanden werden kann. Von solchem „nützlichen“ ein „störendes“ und damit überflüssiges, belästigendes oder belastendes Störgeräusch im Sinne eines Signal – Noise – Konzepts abzugrenzen, ist schon theoretisch schwierig und praktisch kaum möglich. Zwar könnte man vorschlagen, die leiseste Form des Unterrichts, der zu einem erwünschten Lernziel führt, als unverzichtbar zu definieren, und gleichzeitig alles, was darüber hinausgeht, als überflüssig zu erklären, aber Unterricht findet unter und zwischen Menschen statt, und menschliche Lautäußerungen dienen nicht nur dem Zweck des Lehrens und Lernens, sondern auch der Kommunikation über ganz andere Lebensprozesse.

Wir haben deshalb auch keinen Versuch unternommen, die von uns aufgezeichneten Geräusche (die ja nur physikalische Schallpegel und z.B. keine Sprachinhalte waren) einer Signal - Noise - Beurteilung zu unterziehen. Unsere Fragen waren in erster Linie: „Wie laut ist es? Wie kommt es, dass es so laut ist? Stört das jemanden? Kann man das verändern? Ist das für den Zweck, dem es dienen soll, gut so?“ Unsere Fragen waren nie: „Sagt da jemand etwas Sinnvolles oder Überflüssiges? Etwas Gescheites oder Dummes? Schreit da jemand sinnlos oder will er/sie etwas damit ausdrücken?“ Solche Fragen muss jemand stellen und beantworten, der in dem Prozess, den wir (mehr physikalisch als psychologisch) darstellen und beurteilen sollen, selbst mit Herz und Verstand drin steckt; das für uns in Anspruch nehmen zu wollen, wäre überheblich.

5 Interventionen zur Reduzierung von Geräuschpegeln

5.1 Bauliche Maßnahmen zur Akustischen Sanierung

Für einen Versuch, akustisch „problematische“ Klassenräume mit bautechnischen Mitteln zu sanieren, wurden drei Klassenräume (A und B in Schule I, C in Schule V) ausgewählt. Für diese Sanierung konnten wir als Kooperationspartner die Fa. Eco-phon, Lübeck, gewinnen. Hier hat uns insbesondere Herr Markus Oberdörster mit der Entwicklung eines Sanierungskonzepts und der Organisation der in diesem Zusammenhang geplanten Umbaumaßnahmen unterstützt; er stand uns jederzeit mit sehr kompetentem Rat zur Seite. Die akustische Sanierung wurde auf der Grundlage des „Klassenzimmer-Paketes“ MAX vorgenommen, das bereits auf die Vorgaben der DIN 18041 in der Neufassung vom Mai 2004 ausgelegt wurde.

5.1.1 Normative Vorgaben

Mit ihrer Forderung nach wesentlich kürzeren Nachhallzeiten als bisher folgt die DIN 18041 (Mai 2004) den Empfehlungen mehrerer v.a. internationaler Studien. Diese benennen die Klarheit des Sprachsignals verbunden mit einem ausreichend niedrigen Hintergrundgeräuschpegel als grundlegende Voraussetzung für ein erfolgreiches Unterrichtsgeschehen.

Die Norm fordert folgerichtig für Standardklassenräume mit einem Raumvolumen von ca. 180 m³ eine Soll-Nachhallzeit von 0,55 Sekunden, welche mit einer Toleranz von $\pm 20\%$ zwischen den Terzbändern 100 Hz bis 5.000 Hz einzuhalten ist. Ausschlaggebend für die meisten Unterrichtssituationen dürfte jedoch die Berücksichtigung von Schülern sein, die erhöhte Anforderungen an die akustische Qualität des Sprachsignals mitbringen. Neben hörgeschädigten Kindern und Kindern in einer fremdsprachlichen Umgebung (nicht deutscher Muttersprache; Fremdsprachenunterricht) nennt die DIN 18041 explizit leistungsschwächere Schüler, Kinder mit Konzentrations- oder Aufmerksamkeitsstörungen und Kinder mit Sprach- bzw. Sprachverarbeitungsstörungen. Für diese Fälle reduziert sich der Richtwert in den Oktavbändern 250 Hz bis 2000 Hz um 20% auf eine Soll-Nachhallzeit von 0,45 Sekunden.

5.1.2 Die raumakustischen Anforderungen – Das Planungsziel

Auf Grundlage aktueller Untersuchungen (Heriot-Watt University, Lund Institute of Technology) fiel die Entscheidung, die Vorgaben der DIN 18041 noch einmal zu unterschreiten. Ziel der Maßnahme war eine *angestrebte Nachhallzeit von 0,4 Sekunden*, die möglichst linear über den gesamten Frequenzbereich von 100 Hz bis 5.000 Hz eingehalten werden sollte.

Besonderes Augenmerk wurde auf die Absorberplatzierung gelegt, da die Verteilung der Absorption im Raum für dessen akustische Qualität und die Sprachverständlichkeit eine herausragende Rolle spielt. Drei Aspekte fanden besondere Beachtung:

- Klassenräume sind in der Regel nicht hinreichend diffus, damit Absorptionsmaterial, welches z.B. alleine im Deckenbereich angebracht ist, seine volle Wirkung entfalten kann. Zum Einsatz kam deshalb eine Kombination aus Decken und Rückwandabsorbern – eine Anordnung, die auch von der Neufassung der DIN 18041 ausdrücklich empfohlen wird.
- Moderne, differenzierte Unterrichtsformen haben das Aussehen unserer Klassenräume in den letzten Jahren stark verändert. Die Zusammenarbeit der Schüler in Arbeitsgruppen, beim Partner- oder Projektunterricht hat die klassische Sitzordnung in Tischreihen fast vollständig verschwinden lassen. Selbst für den Lehrer lässt sich kaum noch eine definierte Sprecherposition festlegen.
- Diese Entwicklung stellt hohe Anforderungen an die räumliche Flexibilität im Klassenraum. Da zudem in den zur Sanierung anstehenden Räumen aufgrund ihrer räumlichen Dimension die Direktschallversorgung ausreichend gesichert ist, erschien die Entscheidung konsequent, auf eine traditionelle Reflektorfläche in der Deckenmitte zu verzichten. Durch die gleichmäßige Gestaltung der Absorptionsfläche an der Decke müssen Lehrer und Schüler keine Einschränkung in ihrer Klassenraumanordnung hinnehmen. Wie auch immer sie die Tische gruppieren und stellen – alle Schüler im Raum haben die gleichen akustischen Arbeitsbedingungen.

- Der ungewohnt trockene Raumeindruck der Klassenräume mit der angestrebten Nachhallzeit von 0,4 Sekunden ist erfahrungsgemäß für manche Redner anfangs etwas gewöhnungsbedürftig. Um die Eingewöhnung zu erleichtern, wurde über der Tafel ein Feld eingeplant, welches vor allem im hochfrequenten Bereich dem Sprecher eine direkte akustische Rückkopplung gibt, was beispielsweise eine unkomplizierte Abschätzung der eigenen Sprechlautstärke erlaubt. Notwendig ist die Maßnahme nicht: Die Praxis zeigt, dass stark gedämpfte Räume auch ohne technische Unterstützung von Lehrern und Schülern meist nach nur kurzer Zeit sehr gut angenommen werden. Gerade von Menschen, die längere Zeit in stark gedämpften Räumen arbeiten, wird die trockene Raumakustik als entscheidender Faktor des persönlichen Wohlbefindens benannt.

Da textile Gehbeläge den Schall in der Regel lediglich bei hohen Frequenzen absorbieren (und auch dort nicht in nennenswertem Umfang), wurde für die beiden Testräume eine identische akustische Ausstattung gewählt.

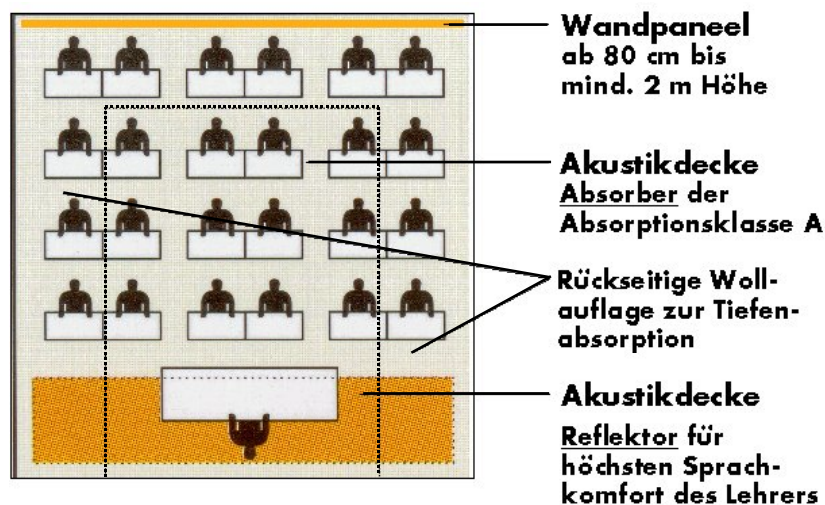


Abb. 5.1 Anordnungsschema von Absorbern und Reflektor, © Ecophon

5.1.3 Weitere funktionale Anforderungen

Raumklima

Bei der Auswahl der Maßnahmen wurde besonderer Wert gelegt auf:

- die konsequente Vermeidung von staubbildenden und staubansammelnden Flächen

- die Vermeidung von Materialien, welche unerwünschte Emissionen verursachen
- Material, welches leicht sauber zu halten und einfach zu reinigen ist.

Alle verwendeten Materialien sind mit dem internationalen Raumklimazertifikat (DIM) ausgezeichnet.

Umweltverträglichkeit

Mehr als 60% der Rohstoffe in den verwendeten Glaswollabsorbieren stammen aus wiedergewonnenem Haushaltsglas und Produktionsrückständen. Die Absorber sind vollständig chlorfrei und recyclingfähig.

Lichtreflexion und –diffusion

Zum Einsatz kamen nur Oberflächen mit der Fähigkeit, das Licht so zu reflektieren und zu streuen, dass Glanz- und Blendungseffekte auf Tischen und Arbeitsunterlagen vermieden werden. Die hohe Lichteffektivität schafft nicht nur eine spürbar hellere Arbeitsumgebung, sondern wirkt gleichzeitig kostensparend. Durch die effektive Nutzung und gleichmäßige Verteilung des Tageslichts müssen künstliche Lichtquellen erst später oder in geringerem Umfang zugeschaltet werden.

Mechanische Belastbarkeit

Vor allem bei den im Wandbereich verwendeten Materialien wurde den besonderen Herausforderungen des alltäglichen Schullebens Rechnung getragen. Kriterium für die Auswahl war dabei nicht nur die dauerhafte Nutzungsmöglichkeit als Pinnwand. Gefragt war vor allem eine hohe Widerstandsfähigkeit der Konstruktion gegen mechanische Einwirkung und taktile Beanspruchung. Die ausgewählten Absorber sind durch eine robuste und leicht zu reinigende Textiloberfläche weitgehend gegen mechanische Beschädigung durch Schläge oder Stöße geschützt.

Brandschutz

Alle verwendeten Materialien erfüllen uneingeschränkt die Anforderungen der Baustoffprüfung gemäß DIN EN 13501-1. Sowohl an der Decke, als auch an der

Wand kamen ausschließlich Materialien der Baustoffklasse A2-s1, d0 „nicht brennbar“ zum Einsatz.

5.1.4 Die baulichen Maßnahmen

Im Einzelnen besteht das ausgewählte Klassenzimmerpaket aus folgenden Komponenten: Die Deckenfläche wurde mit einem 40mm Glaswollabsorber der Absorptionsklasse A gemäß DIN EN ISO 11645 ausgekleidet. Die mikroporösen, optisch geschlossenen Absorber wurden in einem verdeckt demontierbaren System ca. 20 cm von der Rohdecke abgehängt.

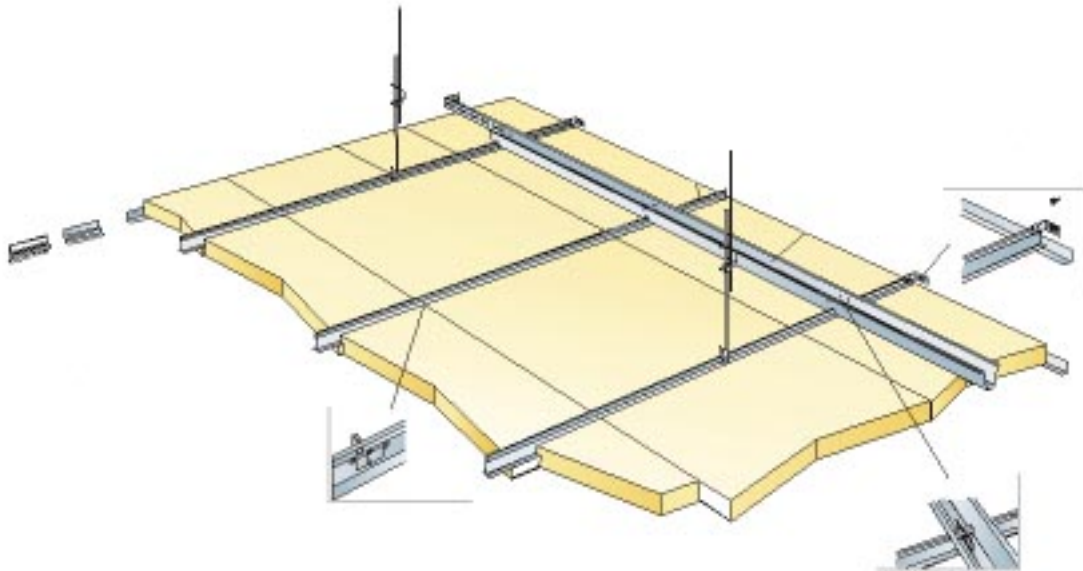


Abb. 5.2 Konstruktionsmerkmale der Akustikdecke, © Ecophon

Um dem vor der Sanierung ungewöhnlich starken Anstieg der Nachhallzeit im tieffrequenten Bereich Herr zu werden, entschied man sich, zusätzliche Bassabsorber in den Deckenhohlraum einzubringen. Die 10 cm starken Glasswollkörper wurden U-förmig in den Eckbereichen aufgelegt.

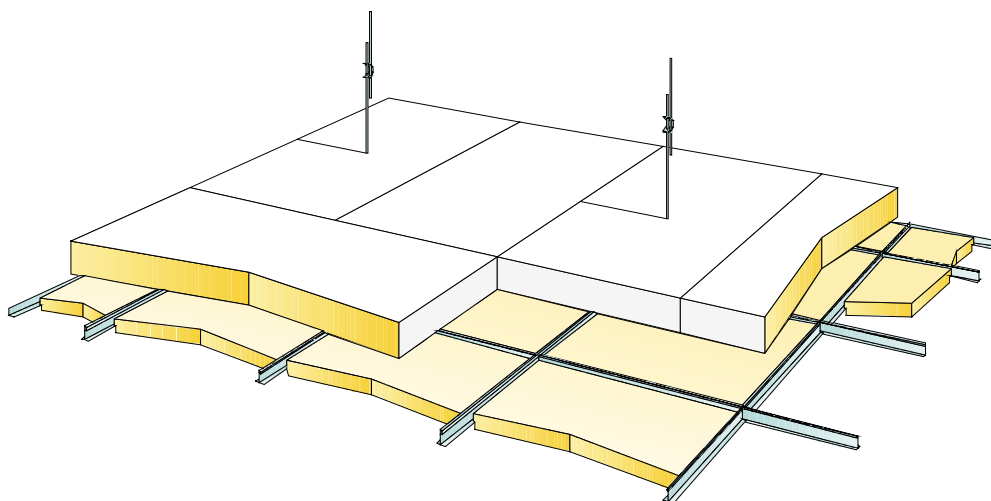


Abb. 5.3 Konstruktionsmerkmale der Akustikdecke (Bassabsorber) , © Ecophon

Für die breitbandige Absorption im Rückwandbereich sorgen akustisch höchstwirksame Wandpaneele, welche die Wandfläche über die gesamte Breite von etwa 1,10 m Höhe bis zur abgehängten Decke hin auskleiden. Die mit einer robusten Stoffoberfläche bezogenen Glaswollplatten mit einer Aufbauhöhe von 40 mm sind als Pinnwand nutzbar. Trotz der kompakten Direktmontage sind sie ebenfalls in die Absorptionsklasse A gemäß DIN EN ISO 11645 eingestuft.

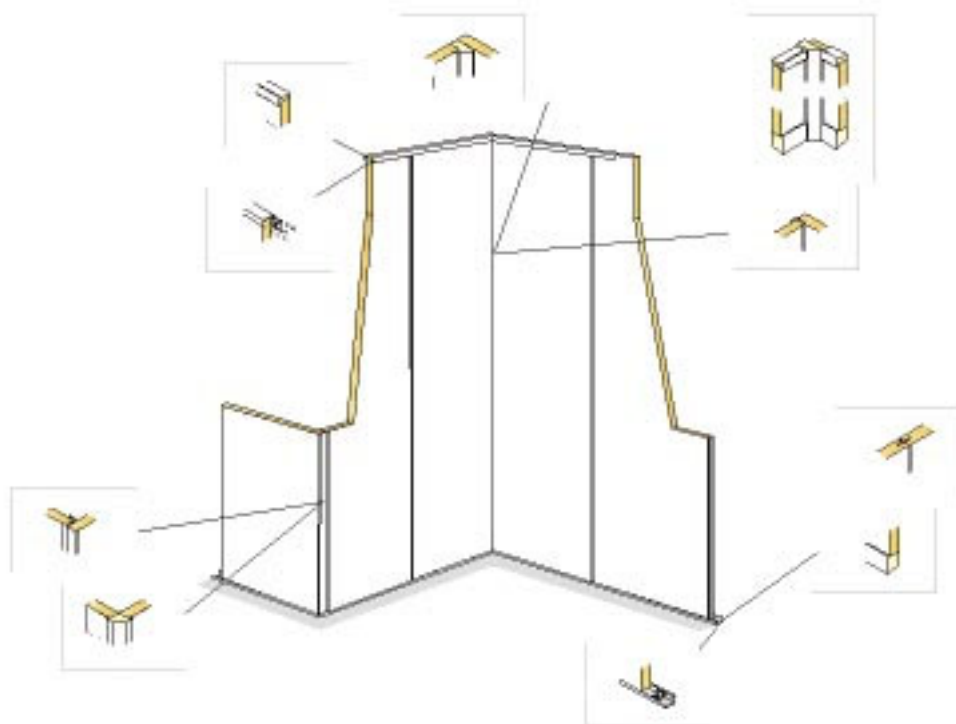


Abb. 5.4 Konstruktionsmerkmale des Wandpaneels, © Ecophon

5.1.5 Auswirkungen auf Raumakustik und Schallpegel; Schule I

Die nachstehenden Abbildungen (Abb. 5.5 und 5.6) geben zunächst die Veränderungen in der Nachhallzeit wieder. Im Raum A (Schule 1) wurden vor der Sanierung nicht einmal die in der DIN 18041 in der früheren Fassung und schon gar nicht die in der neuesten Fassung vom Mai 2004 empfohlenen Werte erreicht. Die Sanierung führte dazu, dass die von der Neufassung der DIN 18041 vorgeschlagenen Werte mit allen ergänzenden Anmerkungen (nicht deutschsprachige oder aufmerksamkeitsgestörte Schülerinnen und Schüler; durchgezogene, gekrümmte Linie in Abb. 5.5) vollständig erreicht werden.

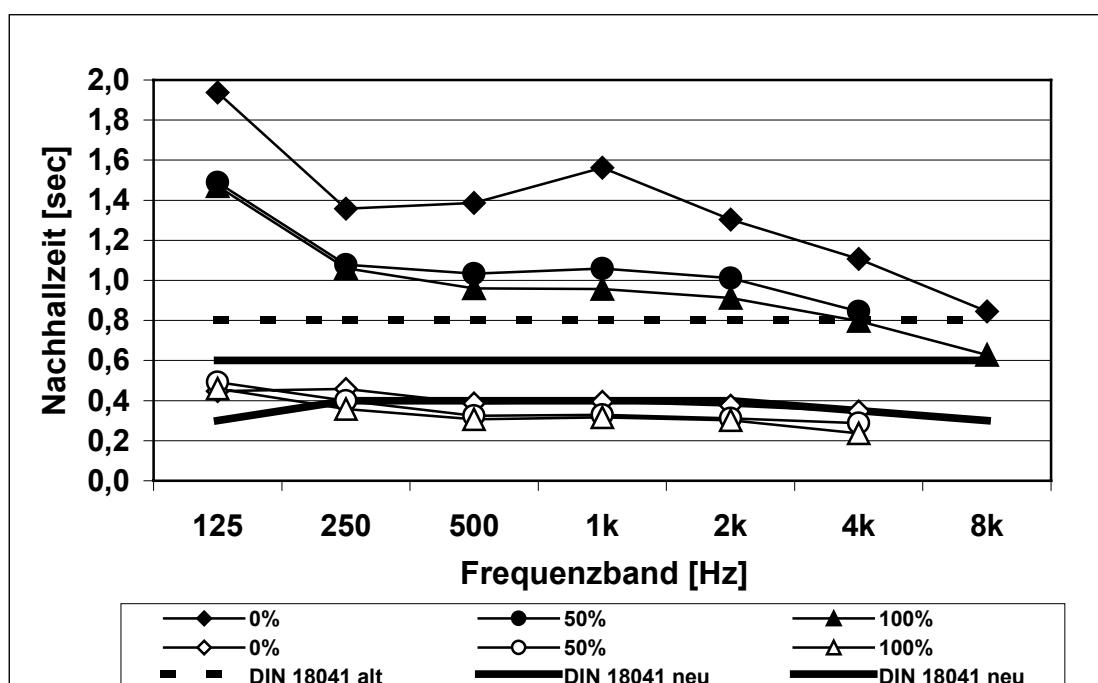


Abb. 5.5 Nachhallzeiten vor und nach Sanierung. Raum A

Im Raum B (Schule I) waren die akustischen Bedingungen von vornherein etwas günstiger, aber auch hier gilt, dass erst durch die Sanierungsmaßnahme optimale akustische Bedingungen hergestellt wurden (Abb. 5.6). Sehr viel günstiger fiel deshalb nach der Sanierung auch der STI-Index der Sprachverständlichkeit aus, der in allen Besetzungsgraden beider Klassenräume von minimal 0,55 – 0,63 in Raum A und höchstens 0,7 in Raum B auf Werte um 0,85 in beiden Räumen anstieg (Abb. 5.7); das sind auch die Werte, die für Unterrichtsräume gefordert werden.

Es hat natürlich auch interessiert, wie sich diese Verbesserung der akustischen Bedingungen auf die Unterrichts-Schallpegel ausgewirkt hat. Im Raum A (Abb. 5.8) lagen nach der Sanierung der mittlere Schallpegel (L_{Aeq}), der Grundpegel (L_{A95}) und der Spitzenschallpegel jeweils um einige dB(A) niedriger als vor der Sanierung. In Raum B waren wegen der günstigeren Ausgangslage alle diese Effekte etwas geringer ausgeprägt als in Raum A (Abb. 5.9).

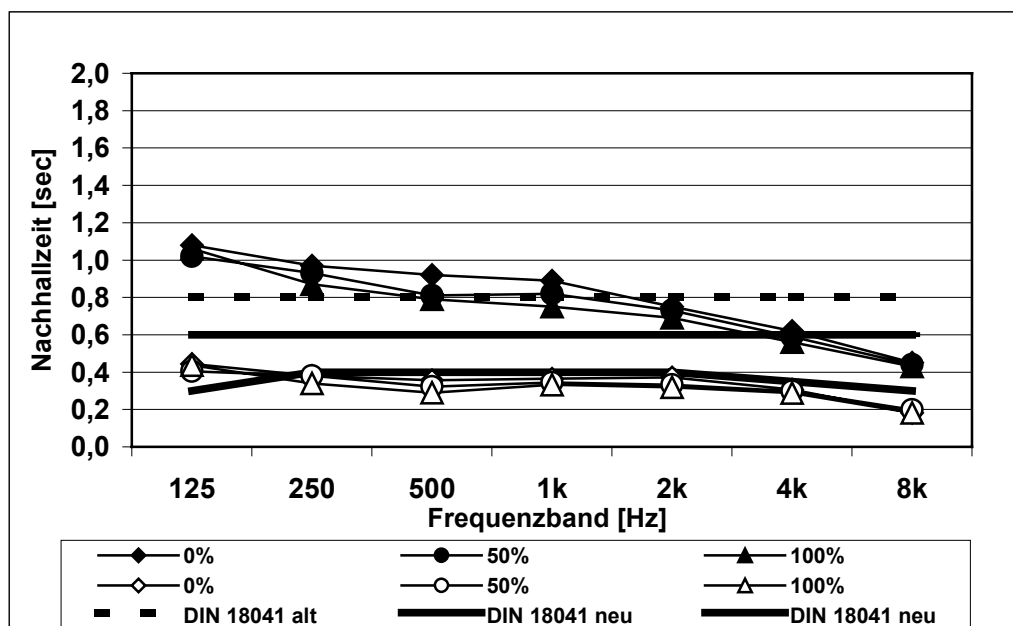


Abb. 5.6 Nachhallzeiten vor und nach Sanierung. Raum B

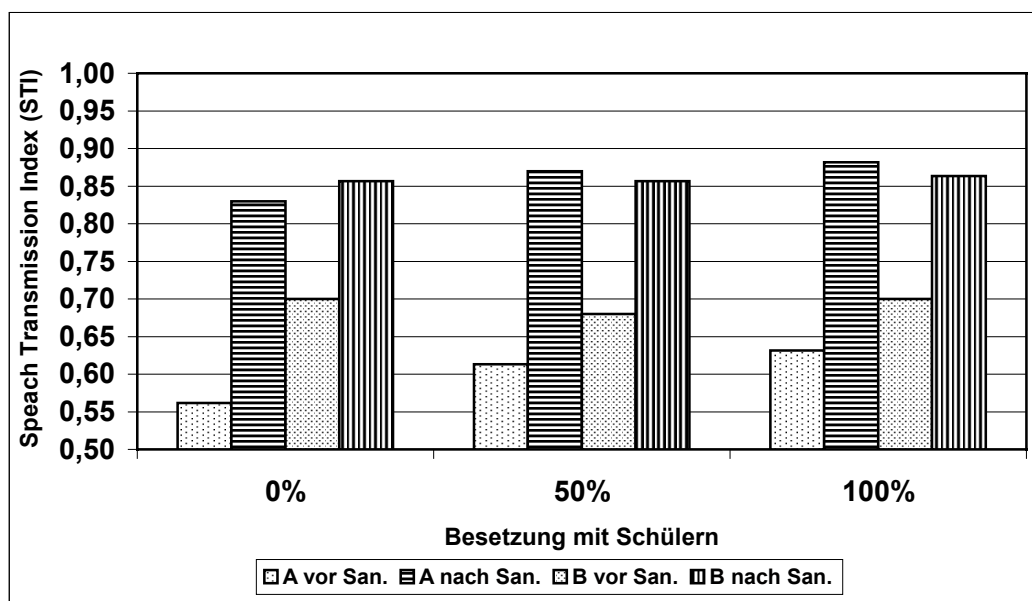


Abb. 5.7 Sprachverständlichkeit vor und nach Sanierung in verschiedenen Besetzungsgraden

Die Auswirkung der Sanierungsmaßnahme auf das Unterrichtsgeschehen wird durch einen Vergleich der Geräuschsituationen im Unterricht sichtbar. Der Unterschied zwischen den beiden Klassen besteht darin, dass in der Klasse A vorher und nachher die gleiche Schülerschaft von ihrem Klassenlehrer unterrichtet wurde, in der Klasse B dagegen das Ausscheiden einer Lehrerin aus dem Kollegium eine Neuverteilung der Schüler zur Folge hatte. In der Klasse B waren vorher und nachher unterschiedliche Schüler und Lehrerinnen tätig. In den Abb. 5.8 (Klasse A) und Abb. 5.9 (Klasse B) sind die Schallpegel-Kenngrößen L_{Aeq-k} , L_{A95} und L_{A1} jeweils für die beiden Raumsituationen dargestellt. In beiden Klassenräumen kommt es zu einer Verringerung der drei Schallpegelparameter.

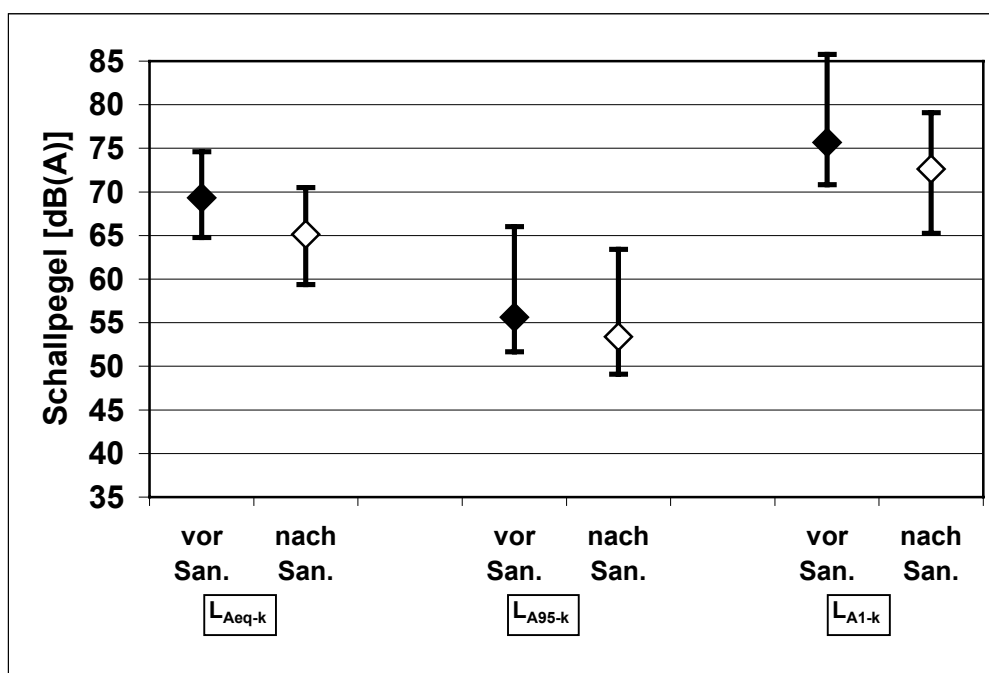


Abb. 5.8 Unterrichtsschallpegel in Klasse A vor und nach Sanierung Medianwerte, 10. Perzentil (Balken nach unten) und 90. Perzentil (Balken nach oben)

In Abb. 5.8 ist die Veränderung des Schallpegels deutlicher als in der anderen Klasse, hier aber als unmittelbare Auswirkung der Raumsanierung auf das Verhalten der Schülerinnen und Schüler zurückzuführen. Eine Aussage eines Schülers war "die Decke ist stärker als der Lärm". Bei der Klasse B, dargestellt in Abb. 5.9 ist die Wirkung der Sanierung nur zu vermuten, da sie in gleicher Weise zu sehen ist wie in Klasse A.

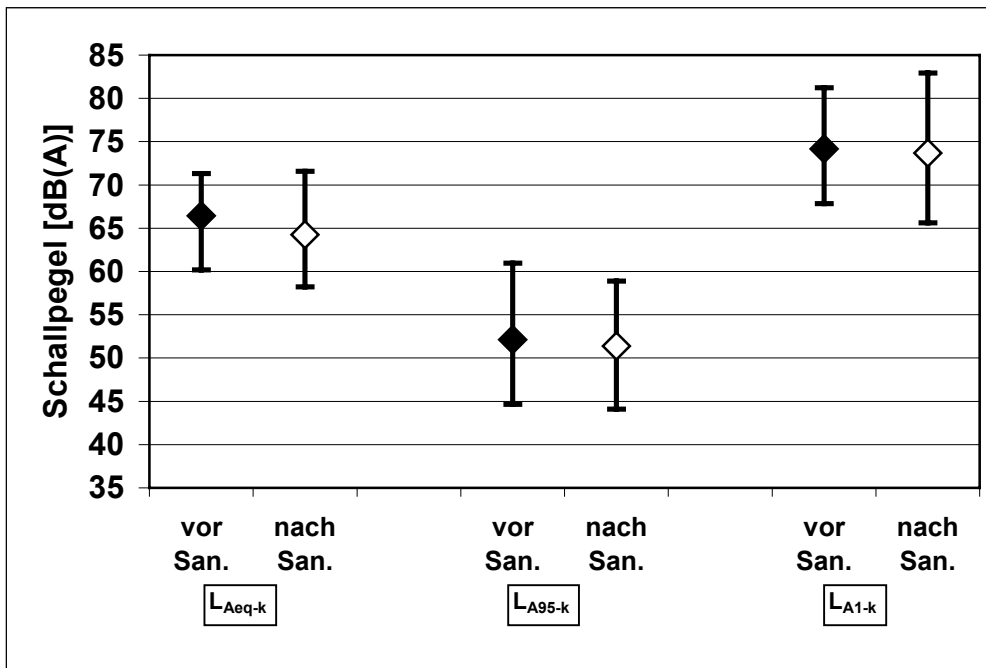


Abb. 5.9 Unterrichtsschallpegel in Klasse B vor und nach Sanierung Medianwerte, 10. Perzentil (Balken nach unten) und 90. Perzentil (Balken nach oben)

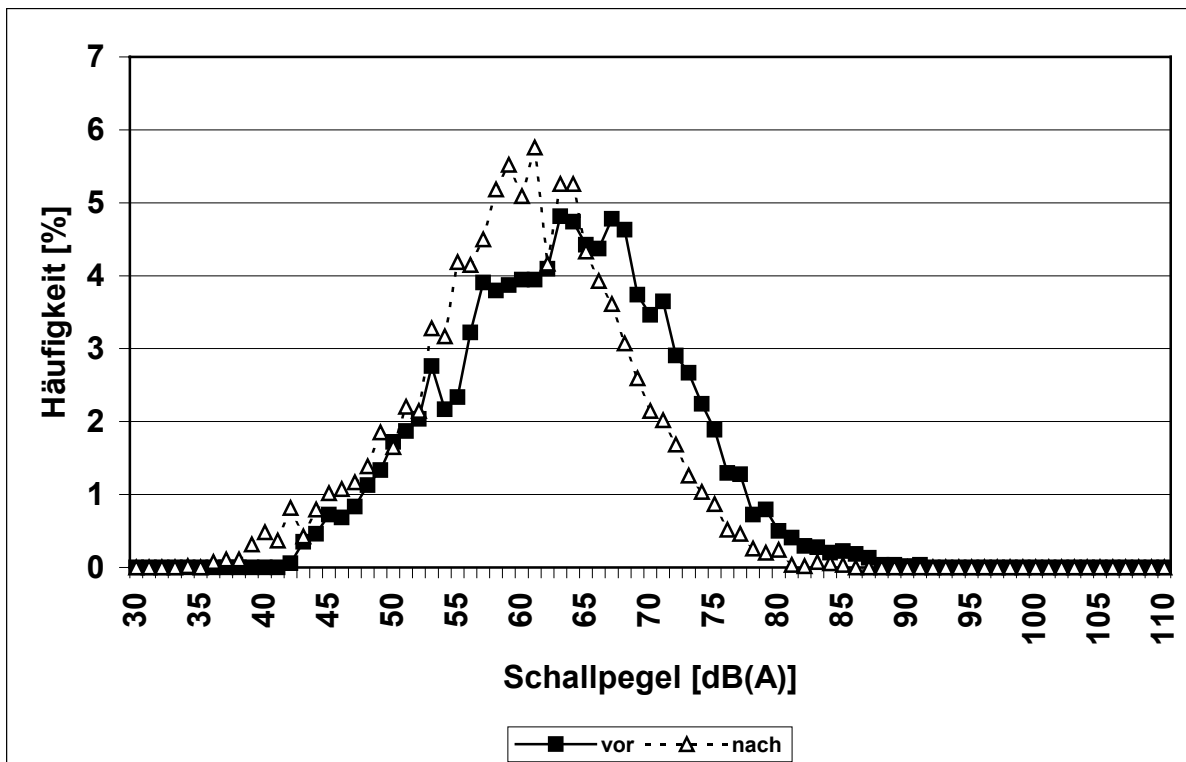


Abb. 5.10 Histogramm der $L_{Aeq,1s}$ Daten während einer U.-Std. vor und nach der Sanierung (gleicher Lehrer, gleiche Schüler, gleiches Fach)

Die unmittelbare Auswirkung auf die Geräuschsituation in der Klasse kann durch eine sehr hoch auflösende Analyse des Schallpegels gezeigt werden. Die originalen Messwerte ($L_{Aeq,1s}$) werden dafür mit der Häufigkeit ihres Auftretens dargestellt, d.h. eine absolute Häufigkeitsverteilung der Schallpegeldaten (s. Abb. 5.10).

Hier wird deutlich, dass sich einerseits das Maximum der Verteilung um ca. 6 dB(A) nach unten verschoben hat, gleichzeitig aber auch die höchsten gemessenen Pegel um 6 dB(A) und die niedrigsten Pegel um 8 dB(A) verringert haben. Es hat insgesamt eine Verschiebung des Schallpegelniveaus stattgefunden.

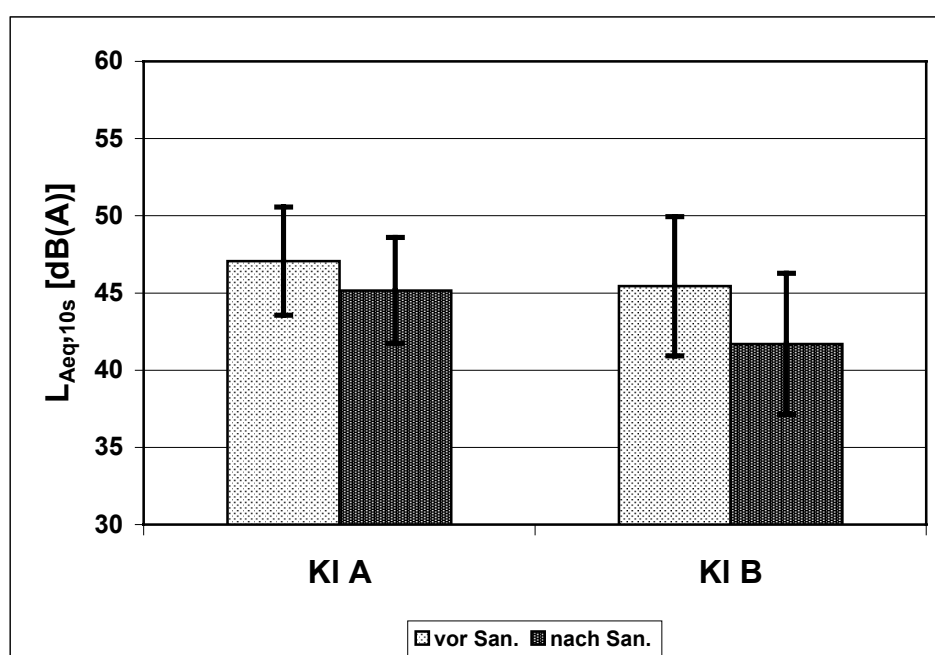


Abb. 5.11 10sec-Minimalwerte (MW \pm Streuung) vor und nach Sanierung für Klasse A und B

Betrachtet man den 10-sec-Minimalwert als ein Richtmaß für die in den verschiedenen Klassenräumen erforderliche Mindest-Sprechanstrengung, so sind auch nach der Sanierung die 45 dB(A) in Raum A und die ca. 42 dB(A) in Raum B günstiger als vor der Sanierung (s. Abb. 5.11); wirklich gute Bedingungen würden aber vermutlich erst nach Hinzunahme eine „sozialpädagogischen Verhaltenskorrektur“ der Schülerinnen und Schüler (s.u. Kap. 5.2) erreichen lassen.

5.1.6 Auswirkungen auf Raumakustik und Schallpegel; Schule V

Die Sanierung eines Klassenraums (Raum C) in Schule V erbrachte ähnliche Ergebnisse. Die Nachhallzeiten, die vor allem im Bereich der tiefen Frequenzen (125 Hz bis 1 kHz) sehr ungünstig gewesen waren, verbesserten sich durch die Sanierung in allen Frequenzbereichen. Ebenso stieg die Sprachverständlichkeit (STI) in allen Besetzungsgraden des untersuchten Klassenraums auf über 0,85 an.

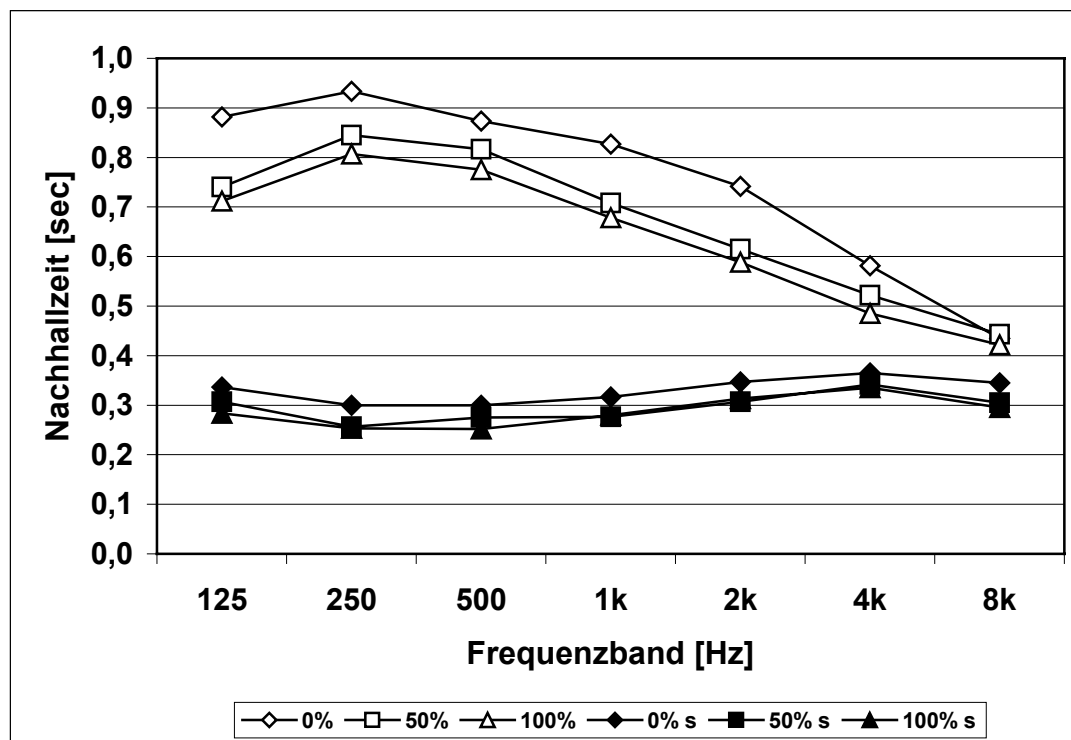


Abb. 5.12 Nachhallzeiten vor und nach Sanierung: Klasse C

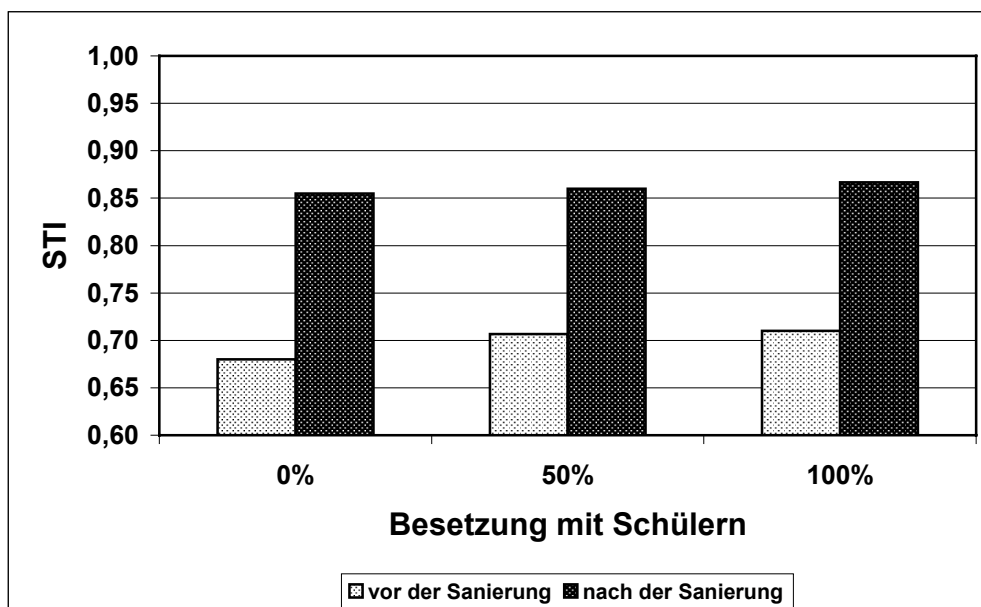


Abb. 5.13 Sprachverständlichkeit vor und nach Sanierung; Klasse C

Auf die Unterrichtsschallpegel (Basiswert, Durchschnittsschallpegel und Spitzenbereich, s. Abb. 5.14) wirkte sich die bautechnische Sanierung noch deutlicher aus als in Schule I; wir führen das darauf zurück, dass auch Schule V mit einem ähnlichen Konzept arbeitet wie Schule III, so dass hier möglicherweise die günstigen Folgen der bautechnischen und der „pädagogischen“ Lärm-Intervention aufeinandertreffen.

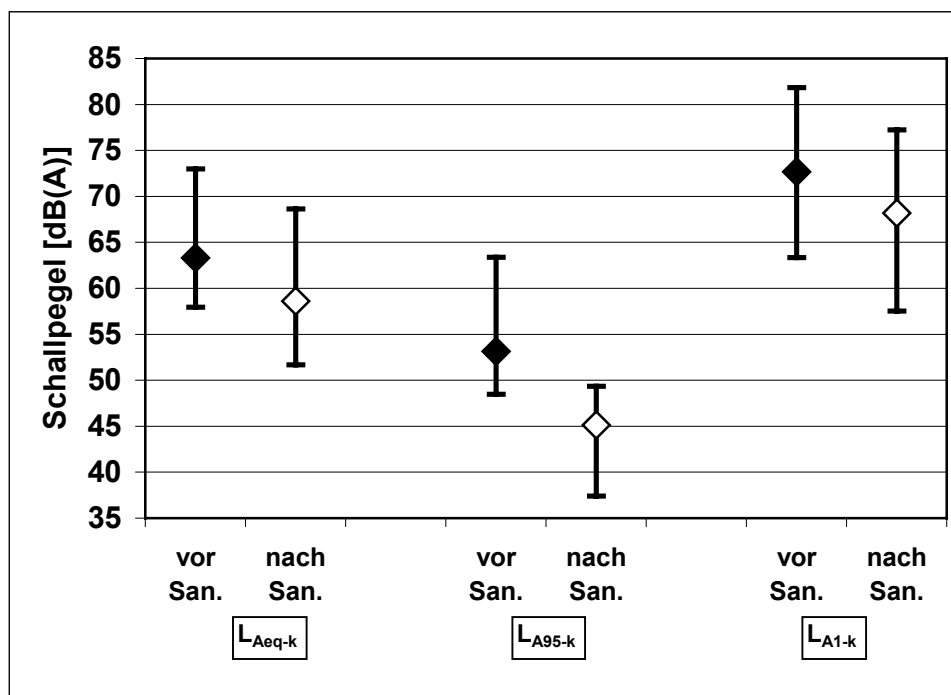


Abb. 5.14 Unterrichtsschallpegel vor und nach Sanierung in Klasse C, Medianwerte, 10. (Balken nach unten) und 90. Perzentil (Balken nach oben)

Die Sanierungsmaßnahme führt auch in diesem Raum zu einem deutlichen Absinken des 10-sec-Minimalwertes (s. Abb. 5.15); man kann nur vermuten, dass die Verwendung des „Schweige“- oder „Flüstermännchens“ in dieser Schule einen zusätzlichen Effekt erzielen könnte.

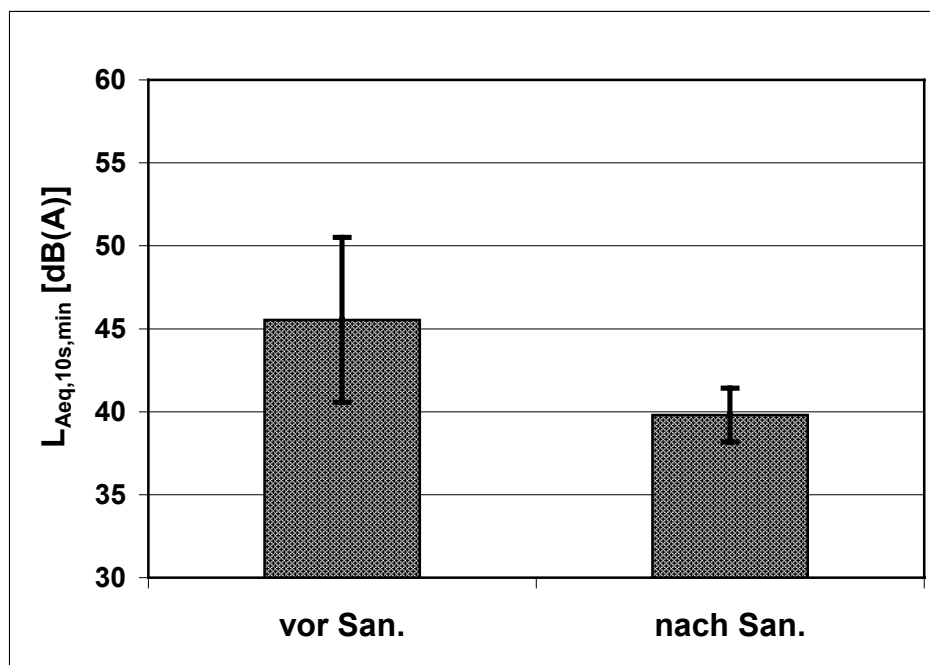


Abb. 5.15 10sec-Minimalwerte (MW \pm Streuung) vor und nach Sanierung für Kl. C

5.2 Pädagogische Maßnahmen zur Reduzierung des Geräuschpegels

5.2.1 „Pädagogischer Stil“: Das Konzept der Schulen III und V

Messungen von Schallpegeln im Unterricht haben wir schon früher (SCHÖNWÄLDER et al. 2003) in den Schulen II und III und in anderen Schulen, die in dem vorliegenden Projekt nicht beteiligt waren, orientierend vorgenommen. Bereits damals fiel uns auf, dass es in manchen Schulen leiser, in anderen lauter zuzugehen schien. Schule III fiel uns im Vergleich als „leise“ Schule mit deutlich niedrigeren Schallpegeln auf als andere Schulen; dieser Eindruck bestätigte sich im gegenwärtigen Projekt im Vergleich mit den Schulen I und II; die Sekundarstufenschule IV mit den „älteren“ oder „höheren“ Jahrgängen 5 – 10 war noch spürbar leiser (Abb. 4.1). Später kam im Rahmen einer von uns ursprünglich nicht eingeplanten „Sanierungsaktion“ (siehe oben unter 5.1) Schule V hinzu; auch hier beobachteten wir sogar noch geringfügig niedrigere Schallpegel als in Schule III. In beiden Schulen konnten wir keineswegs

optimale Kennwerte der Klassenraumakustik registrieren; Schule III hatte z.B. fast identische, bautechnische und sehr ähnliche raumakustische Merkmale wie die erheblich „lautere“ Schule II. Der Schulleiter von Schule III und die Schulleiterin von Schule V hatten für dieses aus den physikalischen Bedingungen nicht zu erklärende Phänomen sehr ähnlich klingende Begründungen: Beide Schulen führten die günstigeren Bedingungen in ihren Schulen (nicht nur bezüglich der Geräuschentwicklung, sondern auch, was andere Aspekte des Verhaltens von Schülerinnen und Schülern betrifft) auf die Konzepte und Verfahren zurück, die sie anwenden, um dieses Verhalten in sozial verträglichere Bahnen zu lenken.

Der Schulleiter von Schule III berichtete, dass den Anlass zur Einführung solcher Konzepte und Verfahrensweisen die „pädagogische Wende“ aus dem Jahr 1989 gab, die vorsah, dass Sonderschulen aufgelöst und die Schülerinnen und Schüler in „Regelschulen“ eingeschult werden sollten, u.a. auch diejenigen die bisher Sonderschulen für Verhaltensauffällige besucht hatten. Das Konzept sieht mehrere Schritte vor:

1. Der Einführung von „Maßnahmen“ ging eine umfängliche Diskussion im Kollegium voraus mit der Absicht, gemeinsame Zielvorstellungen und Verfahrensweisen zu vereinbaren, die zukünftig von allen Lehrerinnen und Lehrern verfolgt und für die Schülerinnen und Schüler in einer möglichst einheitlichen und wiedererkennbaren Weise praktiziert werden sollten.
2. Dazu wurden Symbole (akustische und visuelle Zeichen) und Rituale entwickelt, mit denen die verschiedenen Phasen im Unterricht eindeutig gekennzeichnet werden konnten. Um z.B. den Unterrichtsbeginn zu signalisieren, werden ein akustisches und ein visuelles Zeichen miteinander kombiniert, z.B. ein Ton vom Xylophon oder von der Triangel (Bedeutung: „Achtung!“), und eine stumm abwartende Haltung der Lehrerin oder des Lehrers vor der Tafel. Dieses Ritual heißt „Warten auf Stille“. Je nach individueller Neigung kann statt des Xylophon- oder Triangeltons auch ein Musikstück eingespielt werden.
3. Um die gewünschte Geräuschkulisse zu erzeugen, entwickelte das Kollegium das „Flüstermännchen“ und das „Schweigemännchen“: Stillarbeit wird mit dem „Schweigemännchen“ (Finger vor dem Mund) symbolisiert; Gespräche sind

nicht erlaubt. Das „Flüstermännchen“ (ein Männchen raunt einem anderen etwas hinter vorgehaltener Hand ins Ohr) zeigt an, dass Gespräche im Flüsterton zugelassen sind. Beide Symbole sind entweder auf runde Papptäfelchen gezeichnet und werden bei Bedarf hochgehalten oder von der Lehrerin/dem Lehrer durch Gesten verdeutlicht.

4. Das Verfahren (dass also möglichst alle Schülerinnen und Schüler die verschiedenen Signale kennen, beachten und darauf in der erwarteten Weise reagieren) wird mit jeder neuen Generation von Schulanfängerinnen und –anfängern eingeübt; gemeinsam mit der Verständigung über andere Verhaltensziele bildet ein derartiges Verhaltenstraining in den ersten drei Schulmonaten die „Hauptsache“ des Schullebens; bei Bedarf wird es in späteren Schuljahren wieder aufgefrischt.

Die verschiedenen Signale werden zur Steuerung des Unterrichtsablaufs z.T. regelmäßig, z.T. nach Bedarf eingesetzt. Sie ersparen den Lehrerinnen und Lehrern etliche verbale Hinweise und auch manche disziplinierende Äußerung. Als um 1990 viele Kinder aus osteuropäischen Staaten ohne deutsche Sprachkenntnisse hinzukamen, erwies sich die Ritualisierung mancher den Unterricht regulierender Hinweise als vorteilhaft, weil die fremdsprachigen Kinder rasch begriffen, was von ihnen erwartet wurde.

Wichtig für den Erfolg des Verfahrens ist der Umstand, dass das Schulkollegium seit Gründung sich auf Kooperation eingeschworen und dies seitdem konsequent durchgehalten hat; jedes neue Mitglied muss sich dem Konzept ebenfalls verpflichten. Das Erlernen und Einüben der vereinbarten Verhaltensweisen erfolgt zunächst in Halbklassen, weil dann wirkungsvoller geübt werden kann. Geschult werden auch organisatorische Abläufe („Hole bitte Deine Bastelsachen“ kann z.B. heißen „Zuerst holt die Fensterseite ihre Bastelsachen, dann...“). Nach zweiwöchigem Üben in Halbklassen werden die Halbklassen wieder zusammengeführt.

Gelegentlich ist es vorgekommen, dass neue Kolleginnen/Kollegen nicht bereit waren, sich dem Konzept unterzuordnen. In der Regel zeigte sich dann, dass die Ver-

haltungsvorgaben solcher Lehrkräfte von den Kindern nicht umgesetzt wurden, so dass diese freiwillig aus dem Kollegium wieder ausgeschieden sind.

In Schule V wird ein im Prinzip (nicht im Detail) außerordentlich ähnliches Konzept praktiziert. Der Erfolg ist insofern in beiden Schulen durchschlagend, als es sich unabhängig z.B. von den raumakustischen Bedingungen, unabhängig von der Sozialform des Unterrichts usw. immer wieder durchsetzt; mindestens im Vergleich der Grundschulen untereinander sind bei der Analyse aller lärmwirksamen Faktoren die Schulen III und V immer die „leiseren“, Schulen I und II die „lauteren“.

5.2.2 Lärmdämpfung durch ein Lernprojekt im Fach Sachkunde

5.2.2.1 Konzept des Projektes

Schule II war in früheren Erkundungen (SCHÖNWÄLDER et al. 2003) und auch im laufenden Projekt wieder als relativ (im Vergleich zu anderen Grundschulen) laute Schule aufgefallen. Sie bot sich deshalb für einen Interventionsversuch der „pädagogischen“ Lärmdämpfung an, dessen Erfolg durch Vorher-/Nachhermessung geprüft werden sollte. In einer 2. und einer 4. Grundschulklasse sollten die Auswirkungen einer sachkundlichen Auseinandersetzung mit dem Thema „Lärm und Hören“ und in demselben Rahmen der Einführung des „SoundEar“ als Hilfsmittel auf den im Unterricht produzierten Geräuschpegel erprobt werden.

Das „SoundEar“ nimmt Geräuschpegel im Klassenraum auf und signalisiert mit der Farbe „grün“, dass eine voreingestellte Schallpegel-Grenze eingehalten und mit der Farbe „rot“, dass sie überschritten wird; „gelb“ markiert einen Übergangsbereich zwischen „leise genug“ und „zu laut“.

In beiden beteiligten Klassen wurden zunächst in der üblichen Weise über je eine Woche in allen Unterrichtsstunden Unterrichtsbeobachtungen durchgeführt und die Schallpegel während des Unterrichts aufgezeichnet

Ausgehend vom Konzept des „Fit for Life“ Trainings kombiniert mit dem Training zur Förderung der sozialen Kompetenz entwarf die Versuchsleiterin 5 Unterrichtseinheiten zum Thema „Das Ohr“. Damit sollte den Schülern sowohl Wissen über das Hören

vermittelt als auch die soziale Bedeutung des Hörens und der Störeffekte des Lärms bewusst gemacht werden. Im Einzelnen behandelte sie in einer Einführungsphase des Vorhabens in den 5 Unterrichtsstunden mit den Kindern die Fragen:

Wie funktioniert der Hörvorgang ?

Wann ist es laut, wann ist es leise ?

Was macht Lärm mit mir und meinem Ohr ?

Was kann ich tun, damit es im Unterricht leiser wird ?

Wie funktioniert das SoundEar ?

Um für die Schülerinnen und Schüler Transparenz zu gewährleisten, erklärte die Versuchsleiterin ihre generelle Vorgehensweise. Jede Stunde würde mit einer Stille-Übung anfangen. Damit sollte der Beginn des Unterrichts eindeutig bestimmt sein, auf das Unterrichtsthema eingestimmt werden und der Konzentration erfordernde Teil des Unterrichts vorbereitet werden. Im zweiten Teil war die Regel des Tages zu bestimmen, die sich aus der Situation heraus ergeben sollte. War z.B. das Problem gerade ungeordnetes Durcheinanderreden, wurde die Regel formuliert: „Wenn einer spricht, höre ich zu.“ Die Beachtung der Regel und die Beteiligung am Unterricht wurden am Ende jeder Stunde mit Punkten belohnt. Beendet wurde die Unterrichtseinheit immer mit einem von den Kindern ausgewählten Spiel. Dies und die Punktevergabe am Ende bildeten die primären Gewinne der Kinder. Die Verstärkungsabsicht liegt auf der Hand.

Im Anschluss an die Einführungsphase fand in beiden Klassen für drei Wochen wieder der übliche Unterricht statt; gleichzeitig blieben in den beiden Klassenräumen die „SoundEars“ installiert und im Betriebszustand.

Danach fanden in einer einwöchigen Evaluationsphase wieder in allen Unterrichtsstunden Unterrichtsbeobachtungen und Schallpegelmessungen statt.

Da die Versuchsleiterin selbst nicht zum Kollegium der Schule gehörte, war die gesamte Vorgehensweise mit den beiden Klassenlehrerinnen abgesprochen.

5.2.2.2 Ergebnisse

Als wichtigstes Kriterium wurden die Unterrichtsschallpegel in beiden Klassen vor und nach der Interventionsmaßnahme miteinander verglichen (Abb. 5.16 und 5.17):

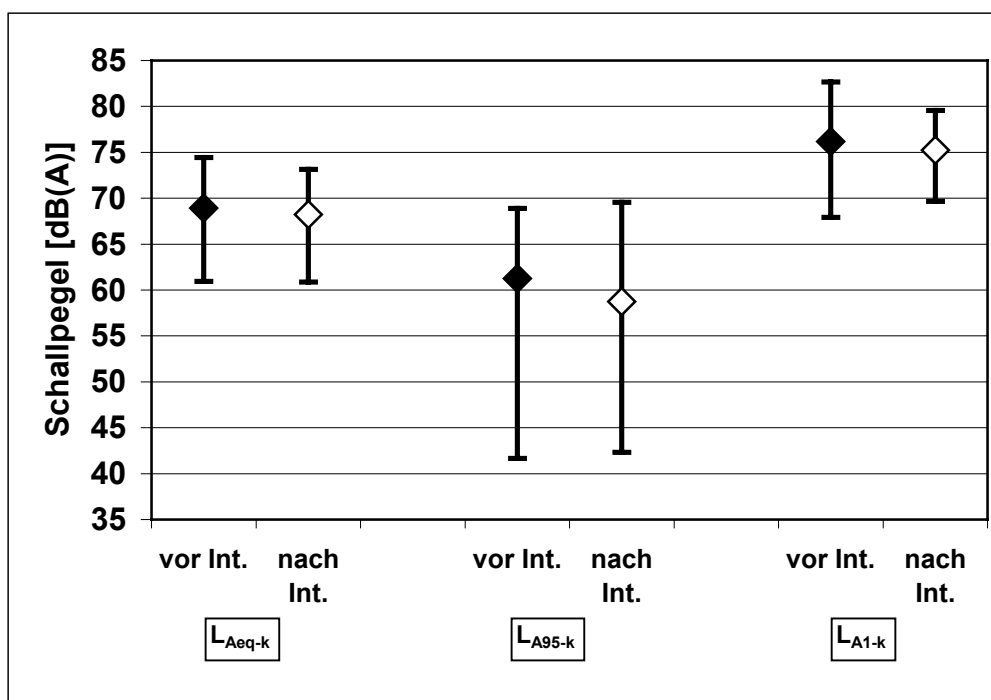


Abb. 5.16 Unterrichtsschallpegel (Durchschnitts-, Minimal- und Spitzenwerte) vor und nach Durchführung des Interventionsprojekts. Median, 10. (Balken nach unten) und 90. Perzentil. Klasse D (2. Jahrgang)

Es ist offensichtlich, dass die Auswirkungen der Maßnahme auf den Schallpegel im Unterricht nur geringfügig waren (Mittlerer Pegel ca. $-0,5$ dB(A), Grundschallpegel $-1-2$ dB(A), Spitzenwerte $-0,5$ dB(A)).

Etwas stärkere Effekte konnten in Klasse E (4. Jahrgang) beobachtet werden (Abb. 5.17): Der Interventionsversuch hat hier in den verschiedenen Schallpegelbereichen Senkungen bis etwa 4 dB(A) bewirkt.

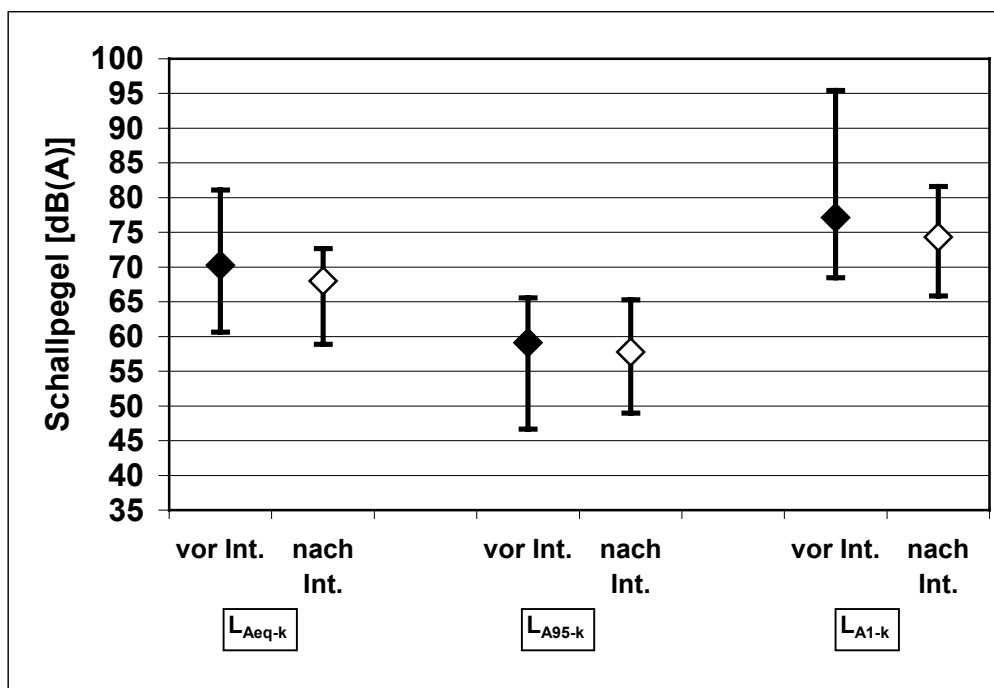


Abb. 5.17 Unterrichtsschallpegel (Durchschnitts-, Minimal- und Spitzenwerte) vor und nach Durchführung des Interventionsprojektes. Median, 10. (Balken nach unten) und 90. Perzentil. Klasse E (4. Jahrgang)

Schließlich wurden für beide Klassen auch die Auswirkungen auf den 10sec-Minimalwert bestimmt (ihn betrachten wir als den geringsten Schallpegel, den eine Lehrerin oder ein Lehrer mit der Stimme mindestens um ca. 11 – 15 dB(A) übertreffen muss, um verständlich zu sein (Abb. 5.18)).

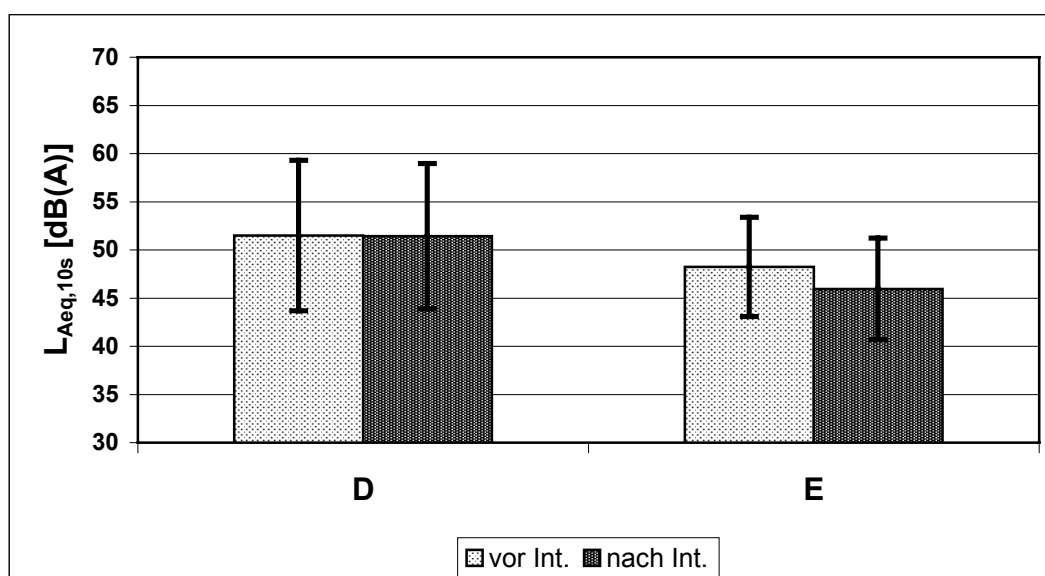


Abb. 5.18 10-sec-Minimalwerte des Schallpegels vor und nach der Interventionsmaßnahme. Mittelwerte ± Streuung

Hier ist in der 2. Jahrgangsstufe im Mittel überhaupt kein Effekt nachzuweisen; in der 4. Jahrgangsstufe beträgt er ca. 2 dB(A).

Obwohl die Ergebnisse dieses Interventionsversuches in die erwartete Richtung zeigen, ist die Effektstärke etwas dürftig ausgefallen und statistisch nicht zu sichern. Das mag mit darauf zurückzuführen sein, dass einige Randbedingungen des weiter oben skizzierten Verfahrens in Schule III und Schule V nicht sichergestellt waren:

Die Kooperation des gesamten Kollegiums (hier: eine Einzelperson, nicht einmal Mitglied des Kollegiums);

die ausreichende Lern- und Übungszeit (hier: gerade 1 Woche);

der konsequente Umgang mit Abweichungen von den vereinbarten Spielregeln.

Das beschriebene Interventionsverfahren war ein Versuch, die Möglichkeit einer deutlichen und nachhaltigen Minderung der Lärmbelastung im Unterricht zu eruieren, wie es die Schulen III und V demonstriert haben. Derartige Effekte versprechen eine kontinuierliche Weiterarbeit in Schule II an diesem Thema. Das Durchhalten ausdrücklich verabredeter, verbindlicher, transparenter Arbeitsabläufe verbunden mit dauerhafter Nutzung der Signalwirkung des SoundEar könnte wegen der auch hier von der Versuchsleiterin beobachteten, motivierenden Wirkung dazu beitragen. Doch das Aufstellen des SoundEar allein dürfte dafür nicht ausreichen - auch nicht nach kurzer oder längerer Einführung. Dennoch weist die mittelfristig nachweisbare Wirkung der Vereinbarung von Verhaltensregeln, unterstützt durch das SoundEar, auf die Eignung derartiger pädagogischer Maßnahmen zur Minderung von Schallpegeln hin.

6 Einzeluntersuchungen

6.1 Methoden

Mit möglichst vielen der Lehrerinnen und Lehrer, in deren Unterricht wir sowohl Unterrichtsbeobachtungen als auch Schallpegelmessungen vorgenommen haben, wurden nach einem für dieses Projekt entwickelten Untersuchungsprogramm Einzeluntersuchungen außerhalb der Unterrichtszeit durchgeführt. Alle Teiluntersuchungen hatten zum Ziel, die individuelle Art des Umgangs mit Geräuschen herauszufinden und zu den im Unterricht registrierten Geräuschpegeln in Beziehung zu setzen. Die Untersuchungen umfassten:

- Eine die Ohren und das Gehör betreffende Anamnese auf der Grundlage eines Anamnese-Fragebogens (Anlage Blatt 5);
- eine orientierende otoskopische Untersuchung beider Ohren;
- Ton- und Sprachaudiometrie; die audiometrischen Untersuchungen wurden in einem von Außenschall wenig beeinflussten Untersuchungsraum durchgeführt; für die Audiometrie wurde das Audiometer ST 28 von MAICO eingesetzt; die Sprachaudiometrie erfolgte auf der Grundlage des FREIBURGER SPRACHTESTS (E. LEHNHARDT, 2001). In der Tonaudiometrie wurden Hörverluste von mindestens 25 dB(A) im Haupt-Sprachbereich (250 – 8000 Hz) als Hinweis für ein möglicherweise eingeschränktes Sprachverständnis betrachtet; in der Sprachaudiometrie wurde geprüft, bei welcher Schallintensität 100 % richtiges Erkennen einsilbiger Wörter (Erwartungswert: 65 dB(A), Hochtonbereich) bzw. 50 % richtiges Erkennen zweisilbiger Zahlwörter (Erwartungswert 18,5 dB(A), Tieftonbereich) festgestellt wurden.
- eine Untersuchung zur individuellen Lärmempfindlichkeit auf der Grundlage des Fragebogens von K. ZIMMER und W. ELLERMEIER (1998); um über eine Vergleichsstichprobe zu verfügen, wurde der Fragebogen zur Lärmempfindlichkeit unter vergleichbaren Bedingungen auch von

Studierenden eines biopsychologischen Praktikums (n= 261; 211 w, 50 m) bearbeitet;

- eine subjektive Einschätzung von 3 Geräuschbeispielen
 - Schulhoflärm (65dB(A))
 - leise Unterrichtssituation (60dB(A))
 - Sportunterricht (75dB(A))
 - Vogelstimmen (Entspannung) (45dB(A))

nach „Lautstärke“ und „Belästigung“; die Geräuschbeispiele (je 30 sec; 15 sec Entspannungspause) wurden über Kopfhörer mit dem oben angegebenen fest eingestellten Schalldruck eingespielt;

- die Beobachtung von Hörgewohnheiten: über Kopfhörer wurden verschiedene Geräuschbeispiele
 - Singvogel
 - Finanznachrichten
 - Musikstück: Panflöte
 - Musikstück: Klavierkonzert Rachmaninoff
 - Musikstück: Popsong YMCA
 - Gespräche in einer Cafeteria

eingespielt; die ProbandInnen wurden aufgefordert, die Lautstärke jedes Geräusches nach eigenem Gutdünken mit einem ihnen zugänglichen Regler so einzustellen, dass sie das Geräusch als gut erträglich empfanden;

- eine Messung der Sprechlautstärke (in 1 m Abstand vom Mund); die Aufgabe bestand darin, einen vorgegebenen Text als Arbeitsanweisung bzw. Diktattext zu sprechen, während gleichzeitig über Kopfhörer Störgeräusche (Geräuschhintergrund aus Schulklassen) von 65 und von 55 dB(A) eingespielt wurden;

- die Stimmbelastung wurde mit Hilfe des Heiserkeitsdiagramms nach DIRK MICHAELIS (1999) beurteilt; das Verfahren bestimmt aus in unterschiedlichen Stimmlagen gesprochenen Vokalen die Komponenten „Jitter“ („Zittern“) und „Shimmer“ („Flimmern“) und errechnet daraus die Merkmale „Irregularität“ und „Rauschen“. Die Ergebnisse werden numerisch oder als Diagramm ausgedruckt. Die Untersuchung fand im Zusammenhang mit den anderen Höruntersuchungen statt.
- zur Ermittlung der psychophysischen Beanspruchung durch Geräusche wurde bei den ProbandInnen kontinuierlich die Herzfrequenz gemessen (System POLAR) und von der Versuchssteuerung (PC) synchron zu den Versuchsdaten registriert. So konnte anschließend die Herzschlagfrequenz zu den Geräuschen in Beziehung gesetzt werden.

Die Stichprobe der Lehrerinnen und Lehrer, die an den Einzeluntersuchungen teilnahmen, ist charakterisiert in Tab. 6.1.

Tab. 6.1 Stichprobe der Lehrerinnen und Lehrer in Einzeluntersuchungen

Nr.	KZ	m/w	Alter/Jhr	SD Jhr	KL j/n	UB Std	1. UF	2. UF	3. UF	4. UF
1	4051	w	57	34	j	19	Deutsch	Mathe	Sachkunde	Kunst
2	4052	w	61	36	j	10	Deutsch	Sachkunde	Kunst	
3	4053	w	47	2	n	3(2)	Bibl.Geschichte	(Deutsch)	(Kunst)	(Referendarin)
4	4055	w	35	8	n	3(3)	Betreuung	(Sachkunde)	(Kunst)	(Erzieherin)
5	4060	w	54	31	j	12	Deutsch	Sachkunde	Mathe	Förder-Unt.
6	4066	w	53	30						
7	4067	m	39	19						
8	4070	m	55	29	n	3	Mathe			
9	4072	w	56	11						
10	4073	w	60	37						
11	4074	w	42	16						
12	5000	w	42	4	j	18	Deutsch	Mathe	Sachkunde	Sport
13	5002	m	48	26	j	32	Deutsch	Mathe	Werken	Sachkunde
14	5004	w	56	34	j	18	Deutsch	Mathe	Musik	NaWi
15	5007	w	48	13	j	10	Deutsch	Englisch	Sachkunde	Bibl.Geschichte
16	5008	w	39	18						
17	5009	m	51	24						
18	5010	w	50	28	j	14	Deutsch	Mathe	Text Gestalten	
19	5011	w	53	32						
20	5012	w	51	29	n	6	Mathe			
21	5013	m	55	30						
22	5014	w	31	7						
23	5015	w	62	39						
24	5050	m	58	35	j	15	Mathe	Deutsch	WUK	
25	5051	m	54	25	j	9	Mathe	WUK	Englisch	Deutsch
26	5052	w	49	23	n	8	Englisch			
27	5053	m	55	27	j	11	Deutsch	Geschichte	Arbeitslehre	
28	5054	w	45	20	j	11	Mathe	WUK	Bibl.Geschichte	Kunst
29	5055	w	48	24	n	6	Deutsch	Geschichte		
30	5056	w	54	32	n	3	Englisch	Geschichte		
31	5057	w	53	25	n	8	Englisch			
32	5059	m	52	14	n	8	Mathe	Deutsch		
33	5060	m	38	6	n	4	Geschichte	Erdkunde		
34	5061	m	56	33	n	3	Mathe			
35	5062	w	52	23	j	14	Englisch	Spanisch		
36	5063	m	51	25	n	13	Deutsch	Erdkunde	Geschichte	
37	5064	m	47	23	n	3	Französisch	Gemeinschaftsk	Mathe	
38	5066	m	59	27	j	11	Deutsch	Mathe	Arbeitslehre	WUK
39	5067	w	50	25	j	13	Deutsch	Englisch	Erdkunde	
40	5068	m	55	31	j	14	Mathe	Deutsch	Gemeinschaftsk	
41	5069	w	50	27	n	5	Deutsch	Kunst		
42	5071	m	59	34	n	3	Mathe	WUK		
43	5072	m	46	2	n	1	WUK			
44	5073	m	56	30	n	1	Mathe			
45	5074	m	50	27	n					
46	5075	m	48	25	n					
SD Jhr	Jahre im Schuldienst									
KL j/n	Klassenlehrer(in) eine Beobachtungsklasse									
UB Std	Zahl der beobachteten Unterrichtsstunden									
1. UF	1. Unterrichtsfach									
2. UF	2. Unterrichtsfach									
3. UF	3. Unterrichtsfach									
4. UF	4. Unterrichtsfach									

6.2 Untersuchungen des Ohres und der Hörfähigkeit

6.2.1 Höranamnese und otoskopische Untersuchung

An den Einzeluntersuchungen nahmen insgesamt 46 Personen (18 Lehrer, 28 Lehrerinnen) teil; die Stichprobe ist näher charakterisiert in Tab. 6.1.

Die Höranamnese wurde von einem Arzt in Form eines Interviews auf der Grundlage des Anamnese-Fragebogens (Anlage Blatt 5) erhoben. Eine Übersicht findet sich in Tab. 6.2 (Gehör-Anamnese) und Tab. 6.3 (Otoskopische Befunde).

Von den 46 an den Einzeluntersuchungen beteiligten Lehrerinnen und Lehrern gaben 15 (11 w, 4 m) an, „schlecht“ zu hören; 6 Lehrkräfte (3 w; 3 m) verspürten eine Beeinträchtigung der Hörfähigkeit auf beiden Ohren, 8 Lehrerinnen und 1 Lehrer nur auf einem Ohr. 5 Lehrerinnen berichteten über einen „Gehörschaden“, davon 2 auf beiden Ohren; das deckte sich weitgehend mit den Angaben über „schlechtes Hören“, allerdings gab eine Lehrerin mit doppelseitiger Höreinschränkung keinen „Gehörschaden“ an. Bei den Lehrern wurde in zwei Fällen ein „Gehörschaden“ angegeben, in einem Fall mit doppelseitig „schlechtem Hören“ wurde ebenfalls kein „Gehörschaden“ verzeichnet. Von einem Tinnitus berichteten 6 Lehrerinnen (davon 2 doppelseitig) und 3 Lehrer (davon 1 doppelseitig).

5 Lehrerinnen gaben an, einen Hörsturz erlitten zu haben, in zwei Fällen waren beide Ohren betroffen. Von einem einseitigen Hörsturz berichtet auch 1 männlicher Lehrer. Die Hörsturzanamnese deckt sich nur zum Teil mit den Angaben über eine subjektive Einschränkung der Hörfähigkeit („schlechtes Hören“) und über „Gehörschäden“; bei den beiden doppelseitig vom Hörsturz betroffenen Lehrerinnen besteht kein Tinnitus.

Trommelfelldefekte wurden nicht angegeben und auch otoskopisch nicht entdeckt, allerdings ist auch in 9 von 28 Fällen (Lehrerinnen) bzw. in 8 von 18 Fällen (Lehrer) eines bzw. beide Trommelfelle otoskopisch nicht einsehbar gewesen.

Über operative Eingriffe wurde in keinem Fall berichtet, aber 15 Lehrerinnen und 5 Lehrer erinnerten sich an Mittelohrentzündungen. Knall-Traumata wurden dreimal (1 Lehrerin, 2 Lehrer) angegeben; in allen 3 Fällen wurde auch über „schlechtes Hö-

ren“ geklagt. Cerumen wurde bei der Otoskopie bei 8 Lehrerinnen und 9 Lehrern an-
gemerkt. Im übrigen geben Tab. 6.1 und 6.2 einen Überblick über anamnestische
Hinweise und Tab. 6.3 über otoskopische Befunde.

Tab. 6.2 Angaben zur Gehör-Anamnese. Anzahlen der Lehrkräfte, die entsprechende Angaben machten

	Ich höre schlecht		Ich habe einen Gehörschaden		Ohrgeräusche (Tinnitus)		Ich hatte einen Hörsturz		Ich hatte eine Mittelohrentzündung		Gehörgangspülung		Knalltrauma	
	Re	Li	Re	Li	Re	Li	Re	Li	Re	Li	Re	Li	Re	Li
Frauen N = 28	9	5	4	3	6	2	4	3	9	10	11	9	0	1
Männer N=18	3	4	2	1	2	2	1	0	5	5	6	7	1	2

Tab. 6.3 Otoskopische Befunde bei Lehrerinnen und Lehrern. Anzahl der Lehrerinnen und Lehrer, bei denen entsprechende Befunde erhoben wurden

	Trommelfell einsehbar		Cerumen	
	Re	Li	Re	Li
Frauen	20	24	7	3
Männer	10	11	8	6

6.3 Audiometrie

Die 46 Lehrerinnen und Lehrer der Stichprobe aus Tab. 6.1 unterzogen sich auch der audiometrischen Untersuchung; es war zunächst vorgesehen, dass in allen Fällen eine konventionelle Ton-Audiometrie und im Anschluss daran auch eine Sprachaudiometrie durchgeführt werden sollte; bei einer Lehrerin wurde die Sprachaudiometrie auf eigenen Wunsch nicht durchgeführt.

Für jede audiometrische Untersuchung wurde ein Befundbogen entsprechend Abb. 6.1 angelegt; später wurden alle derartigen Befundprotokolle in Tabellen für Lehrerinnen und Lehrer bzw. für das rechte und das linke Ohr zusammengefasst (Tab. 6.4, 6.5); ganz analog wurden Hörverluste im Tiefton-Bereich und im Hochton-Bereich der Sprachaudiometrie zusammengefasst (Tab. 6.6 für Lehrerinnen und 6.7 für Lehrer).

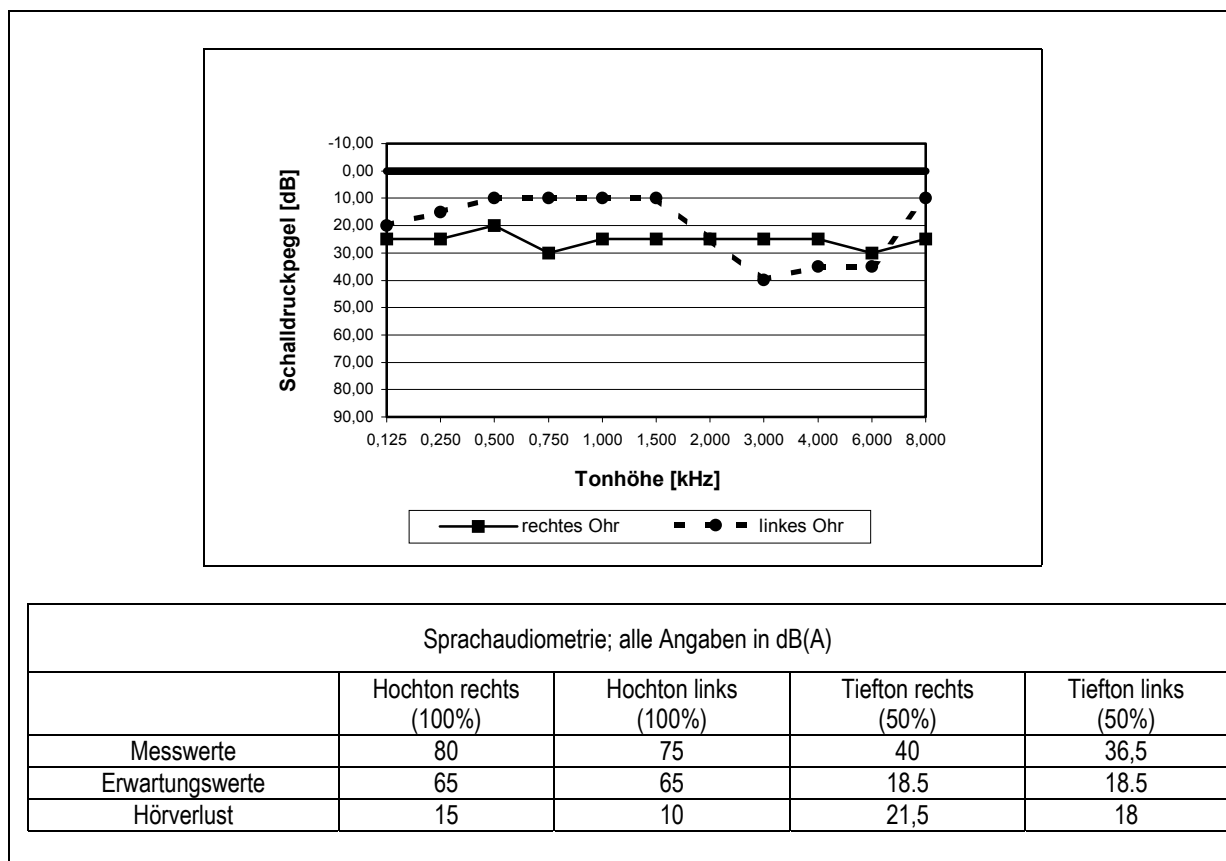


Abb. 6.1 Befundbogen einer 60jährigen Lehrerin für Ton- und Sprachaudiometrie

Weil die audiometrischen Untersuchungen unter vereinfachten Bedingungen durchgeführt werden mussten (kein vor Außenschall sicher abgeschirmter Raum), haben wir die Ton- und Sprachaudiometrie so ausgewertet, dass nur Hörverluste in den verschiedenen Prüf-Frequenzen bzw. im Tiefton- und Hochtonbereich oberhalb von 20 dB(A) als "sicher" eingestuft wurden. Solche Hörverluste sind in den Tabellen 6.4 und 6.5 für die Tonaudiometrie und in den Tabellen 6.6 und 6.7 für die Sprachaudiometrie grau hinterlegt; die Zahlenwerte für den Hörverlust sind durch Fettdruck hervorgehoben.

Tab. 6.4 Zusammengefasste Ergebnisse der audiometrischen Untersuchung (Rechtes Ohr; Tonaudiometrie, Luftleitung). Die Prüffrequenzen, bei denen die Hörfähigkeit um 25 dB(A) von der durchschnittlichen Hörfähigkeit abweicht, sind grau unterlegt. Tinnitusfälle sind in der entsprechenden Spalte vermerkt.

KZ	m/w	Age	Tinn	125	250	500	750	1000	1500	2000	3000	4000	6000	8000
5015	w	31		15	10	15	15	10	25	15	15	-5	5	5
4055	w	35		10	10	10	10	15	10	15	15	10	10	10
5008	w	39		15	10	10	10	10	10	10	15	20	15	15
4074	w	42		15	10	10	10	15	10	10	5	10	10	10
5000	w	42		20	15	15	15	25	10	10	10	10	10	10
5014	w	45		10	5	5	10	10	15	15	20	15	20	20
4053	w	47		10	10	15	20	20	20	15	15	10	5	5
5007	w	48	Tinn	25	30	55	60	60	70	65	60	45	60	60
5055	w	48		15	15	15	20	20	20	15	10	15	20	20
5075	w	48		20	15	10	15	20	15	15	10	10	10	10
5052	w	49		35	30	30	30	35	30	20	25	35	20	20
5010	w	50		20	5	10	10	20	10	10	10	15	15	15
5067	w	50	Tinn	30	30	30	30	30	30	30	30	40	30	30
5069	w	50		20	20	20	30	30	40	35	20	20	25	25
5074	w	50	Tinn	30	40	40	40	40	65	60	50	60	60	60
5012	w	51		15	15	10	15	15	20	15	15	15	25	25
5062	w	52		15	10	10	15	15	10	5	5	35	25	25
4066	w	53		20	15	15	20	20	15	10	10	10	5	5
5011	w	53		30	30	30	35	35	30	15	15	30	35	35
5057	w	53		20	15	15	10	20	30	30	40	35	20	20
4060	w	54		15	15	10	20	20	15	10	15	20	35	35
5056	w	54		10	10	15	15	10	15	40	40	20	10	10
4072	w	56	Tinn	20	15	15	15	30	30	35	35	40	45	45
5004	w	56		15	10	5	10	10	10	15	15	25	25	25
4051	w	57	Tinn	15	20	20	25	20	30	25	25	30	45	45
4073	w	60		25	25	20	30	25	25	25	25	25	30	30
4052	w	61		25	25	25	25	25	20	20	30	25	25	25
5015	w	62	Tinn	30	15	20	28	28	35	45	45	40	23	23
5060	m	38		10	5	15	15	15	10	10	10	5	0	5
4067	m	39		5	10	10	15	10	10	10	10	10	20	15
5072	m	46		15	5	10	15	15	15	15	40	40	35	40
5064	m	47		15	10	10	10	15	10	15	20	25	35	20
5002	m	48	Tinn	60	60	60	60	60	50	40	40	45	50	75
5009	m	51		10	10	5	10	10	10	0	15	15	35	45
5063	m	51		20	20	15	20	20	20	20	20	15	15	30
5059	m	52		10	15	10	10	15	10	10	10	15	15	15
5051	m	54	Tinn	25	25	25	25	25	25	20	15	25	20	45
4070	m	55		25	25	20	20	25	15	20	50	50	65	65
5013	m	55		10	15	10	15	20	30	50	75	75	60	75
5053	m	55		15	20	20	20	15	20	20	50	40	40	25
5068	m	55		25	15	15	20	25	20	20	20	25	20	15
5061	m	56		15	15	15	25	25	15	15	25	20	40	85
5073	m	56		15	10	15	20	25	30	30	25	30	25	20
5050	m	58		20	15	15	15	20	25	20	25	30	45	50
5066	m	59		15	10	10	15	15	10	20	45	45	30	30
5071	m	59		10	5	10	15	15	10	10	20	20	10	20

Tab. 6.5 Zusammengefasste Ergebnisse der audiometrischen Untersuchung (Linkes Ohr; Tonaudiometrie, Luftleitung). Die Prüffrequenzen, bei denen die Hörfähigkeit um 25 dB(A) von der durchschnittlichen Hörfähigkeit abweicht, sind grau unterlegt. Tinnitusfälle sind vermerkt

KZ	m/w	Alter	Tinn	125	250	500	750	1000	1500	2000	3000	4000	6000	8000
5015	w	31		10	15	15	25	10	10	5	5	5	0	0
4055	w	35		10	10	10	10	15	10	15	15	10	10	20
5008	w	39		10	10	10	15	10	10	5	20	20	15	20
4074	w	42		10	5	10	15	15	10	10	10	5	10	10
5000	w	42		15	10	10	15	10	15	10	10	10	10	20
5014	w	45		10	5	10	10	15	10	15	25	20	25	25
4053	w	47		20	15	20	20	20	25	15	10	20	10	20
5007	w	48		35	35	30	35	40	40	25	25	20	15	15
5055	w	48		10	15	15	15	15	20	20	15	20	15	10
5075	w	48		15	15	15	15	20	15	15	10	15	15	20
5052	w	49		20	25	20	25	30	25	15	25	25	20	40
5010	w	50		15	5	5	10	10	10	5	0	5	10	10
5067	w	50		20	15	15	15	15	10	15	20	30	40	30
5069	w	50		15	20	30	40	45	40	45	35	25	20	30
5074	w	50		10	10	15	20	20	15	15	15	15	20	20
5012	w	51		25	15	20	15	20	15	15	10	20	40	50
5062	w	52		10	10	10	15	20	15	20	20	40	35	50
4066	w	53		15	10	20	20	30	25	25	35	30	40	35
5011	w	53		40	35	33	33	35	35	40	30	35	35	50
5057	w	53		15	10	15	15	10	20	35	25	20	20	20
4060	w	54		15	10	15	15	15	10	10	5	10	20	35
5056	w	54		10	10	15	10	15	25	35	40	30	20	15
4072	w	56	Tinn	15	15	15	15	20	20	25	35	30	30	30
5004	w	56		20	10	10	10	15	15	10	10	5	10	10
4051	w	57	Tinn	10	10	15	15	15	25	20	20	40	35	40
4073	w	60		20	15	10	10	10	10	25	40	35	35	10
4052	w	61		30	20	20	15	25	30	25	20	30	20	45
5015	w	62		25	18	13	10	20	35	45	60	43	40	45
5060	m	38		5	0	10	15	10	10	5	5	5	0	5
4067	m	39		10	0	5	10	10	5	0	5	5	10	25
5072	m	46		10	10	10	10	10	10	25	30	35	30	25
5064	m	47		10	10	10	10	10	5	5	15	25	20	20
5002	m	48		25	25	20	25	35	30	30	25	25	30	55
5009	m	51		10	15	15	15	15	15	20	25	30	25	20
5063	m	51		20	20	15	20	15	10	5	15	10	20	10
5059	m	52		20	15	10	15	10	10	10	10	15	15	15
5051	m	54		20	15	15	20	25	50	45	40	25	30	45
4070	m	55		25	25	30	25	25	20	30	50	75	50	35
5013	m	55		15	15	15	15	20	35	55	70	75	60	75
5053	m	55	Tinn	15	10	15	20	15	20	25	40	35	20	20
5068	m	55		15	15	10	0	5	15	20	25	30	30	25
5061	m	56	Tinn	20	15	20	20	25	20	20	35	40	55	70
5073	m	56		20	25	20	20	25	20	20	20	30	25	25
5050	m	58		10	15	15	15	15	25	35	25	25	20	30
5066	m	59		20	15	20	15	10	20	25	30	35	15	25
5071	m	59		20	15	20	40	50	15	10	10	25	20	35

Bei den Lehrern wiesen 5 auf wenigstens einem Ohr (davon 4 auf beiden Ohren) über die Mehrzahl der Prüffrequenzen keine beträchtliche Einbuße der Hörfähigkeit

auf; alle anderen männlichen Lehrkräfte hatten vor allem im Bereich der höheren Prüffrequenzen stärkere Verluste der Hörfähigkeit zu verzeichnen. Bei der Sprachaudiometrie fielen 3 Lehrer durch größere Hörverluste auf; in einem Fall bestand ein deutlicher Zusammenhang mit einer globalen Beeinträchtigung der Hörfähigkeit im Tonaudiogramm, zugleich bestand im linken Ohr ein Tinnitus.

11 Lehrerinnen zeigten ein unauffälliges Tonaudiogramm; bei 17 Lehrerinnen war das Hörvermögen global oder bevorzugt im Bereich höherer Frequenzen beeinträchtigt. Bei 5 Lehrerinnen fanden sich Einschränkungen im Sprachaudiogramm, gelegentlich kombiniert mit einseitigem oder doppelseitigem Tinnitus oder mit Hörverlusten im Tonaudiogramm.

Tab. 6.6 Ergebnisse der Sprachaudiometrie bei Lehrerinnen

KZ	w/m	Alter	Tinnitus		Rechtes Ohr				Linkes Ohr			
			Li	Re	Tiefenbereich		Hochtonbereich		Tiefenbereich		Hochtonbereich	
					Messwert	Hörverl.	Messwert	Hörverl.	Messwert	Hörverl.	Messwert	Hörverl.
5014	w	31			29,00	10,50	65	0	32,50	14,00	65	0
4055	w	35			30,00	11,50	65	0	35,00	16,50	65	0
5008	w	39			23,00	4,50	70	5	23,20	4,70	65	0
4074	w	42			25,00	6,50	60	-5	25,00	6,50	60	-5
5000	w	42			25,00	6,50	60	-5	28,00	9,50	50	-15
5054	w	45			25,00	6,50	65	0	25,00	6,50	65	0
4053	w	47			28,00	9,50	70	5	34,00	15,50	60	-5
5007	w	48		T	Nicht teilgenommen							
5055	w	48			27,00	8,50	65	0	30,00	11,50	65	0
5075	w	48			20,00	1,50	65	0	30,00	11,50	65	0
5052	w	49			37,50	19,00	75	10	35,00	16,50	65	0
5010	w	50			30,00	11,50	70	5	22,50	4,00	65	0
5067	w	50		T	40,00	21,50	80	15	27,00	8,50	80	15
5069	w	50			37,00	18,50	80	15	40,00	21,50	80	15
5074	w	50		T	43,00	24,50	90	25	30,00	11,50	65	0
5012	w	51			25,00	6,50	65	0	31,50	13,00	65	0
5062	w	52			22,50	4,00	65	0	27,50	9,00	80	15
4066	w	53			30,00	11,50	75	10	37,00	18,50	75	10
5011	w	53			37,00	18,50	50	-15	45,00	26,50	80	15
5057	w	53			34,00	15,50	65	0	35,00	16,50	65	0
4060	w	54			30,00	11,50	65	0	28,00	9,50	65	0
5056	w	54			28,00	9,50	65	0	27,00	8,50	65	0
4072	w	56		T	28,00	9,50	90	25	30,00	11,50	80	15
5004	w	56			31,00	12,50	65	0	32,00	13,50	65	0
4051	w	57		T	40,00	21,50	80	15	35,00	16,50	80	15
4073	w	60			40,00	21,50	80	15	36,50	18,00	75	10
4052	w	61			35,00	16,50	60	-5	27,00	8,50	70	5
5015	w	62		T	32,50	14,00	75	10	31,30	12,80	75	10
5014	w	31			29,00	10,50	65	0	32,50	14,00	65	0

Tab. 6.7 Ergebnisse der Sprachaudiometrie bei Lehrern

KZ	w/m	Alter	Tinnitus Re Li	Rechtes Ohr				Linkes Ohr			
				Tieftonbereich		Hochtonbereich		Tieftonbereich		Hochtonbereich	
				Messwert	Hörverl.	Messwert	Hörverl.	Messwert	Hörverl.	Messwert	Hörverl.
5060	m	38		22,00	3,50	65	0	18,00	-0,50	65	0
4067	m	39		21,50	3,00	55	-10	26,50	8,00	60	-5
5072	m	46		27,50	9,00	80	15	32,00	13,50	80	15
5064	m	47		28,00	9,50	65	0	26,50	8,00	65	0
5002	m	48	T	67,50	49,00	105	40	40,00	21,50	75	10
5009	m	51		23,00	4,50	60	-5	30,00	11,50	60	-5
5063	m	51		33,00	14,50	80	15	29,00	10,50	65	0
5059	m	52		23,00	4,50	65	0	28,50	10,00	65	0
5051	m	54	T	36,50	18,00	80	15	30,00	11,50	80	15
4070	m	55		30,00	11,50	75	10	42,00	23,50	80	15
5013	m	55		32,00	13,50	75	10	38,00	19,50	80	15
5053	m	55	T	30,00	11,50	80	15	28,00	9,50	80	15
5068	m	55		28,00	9,50	65	0	27,50	9,00	80	15
5061	m	56		22,50	4,00	65	0	32,50	14,00	80	15
5073	m	56	T	35,00	16,50	65	0	27,50	9,00	65	0
5050	m	58		32,00	13,50	80	15	20,00	1,50	65	0
5066	m	59		20,00	1,50	65	0	23,50	5,00	65	0
5071	m	59		28,00	9,50	80	15	40,00	21,50	80	15

Um den Einfluss eines Tinnitus auf die Hörfähigkeit bei Lehrerinnen und Lehrern abschätzen zu können, haben wir Ton- und Sprachaudiogramme von Personen, die über Tinnitus klagten und bei damit nicht belasteten Lehrkräften miteinander verglichen (Abb. 6.2 und Abb. 6.3). Wegen der kleinen Zahl von Tinnitus-Patienten ist ein solcher Vergleich nur bedingt aussagekräftig. Immerhin bestätigt sich die Erwartung, dass ein Tinnitus dazu führen kann, Einbußen der Hörfähigkeit stärker hervortreten zu lassen.

Insgesamt haben die Untersuchungen der Hörfähigkeit Hinweise darauf geliefert, dass infolge der Altersstruktur von Lehrerinnen und Lehrern viele - und in besonderem Maße die Tinnitus-Patienten unter ihnen - sich bereits mit einer beginnenden Altersschwerhörigkeit abfinden müssen und deshalb ungünstige akustische Rahmenbedingungen an ihrem Arbeitsplatz sich besonders erschwerend auswirken.

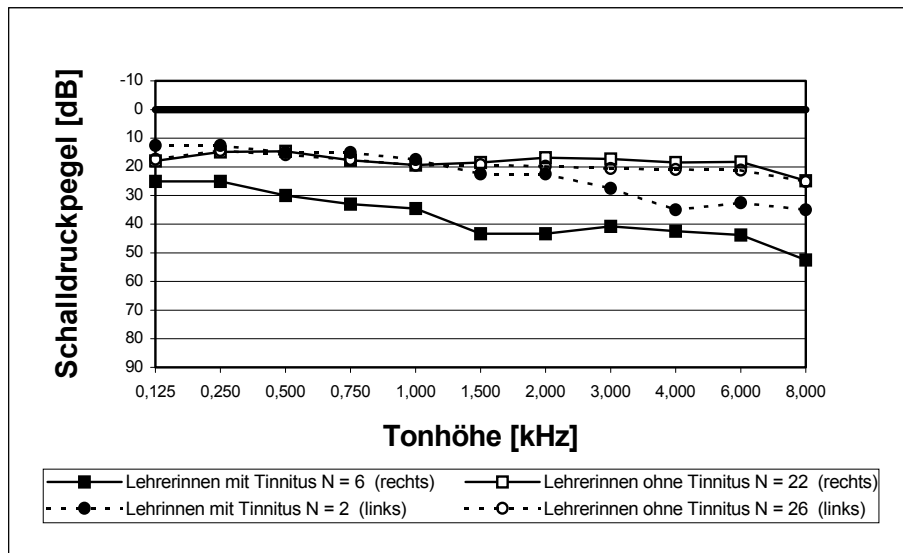


Abb. 6.2 Hörschwellenmittelwerte von Lehrerinnen mit und ohne Tinnitus

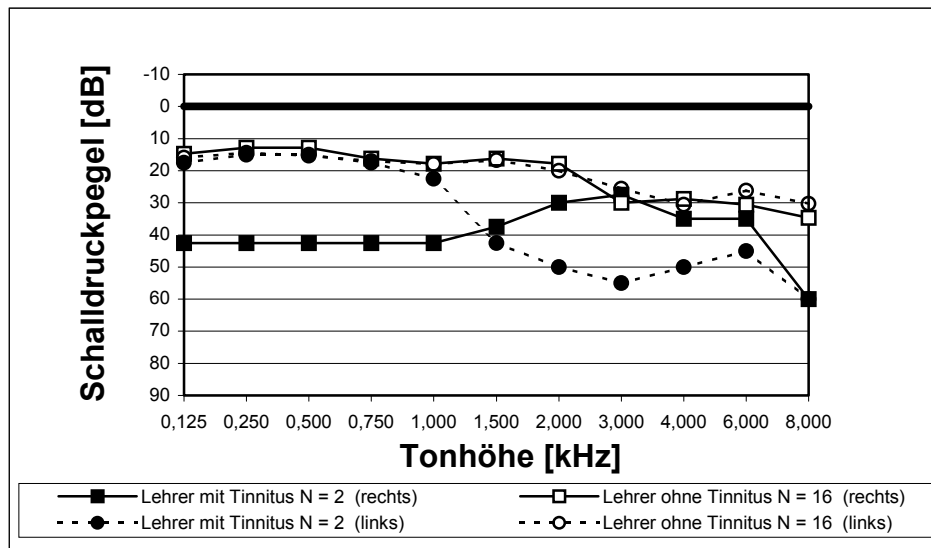


Abb. 6.3 Hörschwellenmittelwerte von Lehrern mit und ohne Tinnitus

Angesichts der Bedeutung verbal-auditiver Kommunikation für den Schul-Unterricht wäre daraus zu schließen, dass Lehrerinnen und Lehrer spätestens ab der 2. Hälfte des 5. Lebensjahrzehnts ihre Hörfähigkeit überprüfen lassen sollten, um bei deutlichen Einschränkungen rechtzeitig Gegenmaßnahmen zur Erhaltung ihrer Arbeitsfähigkeit ergreifen zu können.

6.4 Lärmempfindlichkeit

6.4.1 Fragebogen der Lärmempfindlichkeit

Weil anzunehmen ist, dass Menschen auch auf „Lärm mittlerer Intensität“ unterschiedlich reagieren und in unterschiedlichem Maß davon beeinträchtigt oder belästigt werden, haben wir bei einigen Lehrerinnen und Lehrern versucht, solche Unterschiede anhand des „Fragebogens zur Erfassung der individuellen Lärmempfindlichkeit (LEF)“ (ZIMMER UND ELLERMEIER 1997) zu erfassen. Wir erhofften uns Aussagen, die uns erlauben würden Lehrerinnen und Lehrer als „mehr“ oder „weniger“ lärmempfindlich einzustufen und daraus Rückschlüsse auf das Verhalten im Unterricht zu ziehen. Die Autoren hatten die 52 Items des Fragebogens aufgrund der Bearbeitung durch eine Stichprobe von 213 Studierenden (74 m, 139 w) im Alter von 19 – 44 Jahren einer Faktorenanalyse unterzogen und 4 Faktoren isoliert, die den Bereichen Leistung und allgemeine Einstellung, Schlaf, Sozialer Kontext und Öffentlichkeit und Musik zugeordnet werden konnten. Diese ließen sich zu einem Faktor 2. Ordnung „Allgemeine Lärmempfindlichkeit“ zusammenfassen.

Der Testgesamtwert ergibt sich aufgrund der Überlegungen von ZIMMER UND ELLERMEIER aus der ungewichteten Summe aller 52 Itemwerte; da die Itemwerte zwischen 0 (für geringe Lärmempfindlichkeit) und 3 (für hohe Lärmempfindlichkeit) liegen können, kann die Itemschritte zwischen 0 und 156 liegen.

In unserer Stichprobe (s. Tab. 6.8) lagen die Männer mit ihrer Itemschritte im Mittel um 12,7 Punkte unter der der Frauen, waren als Gruppe also etwas weniger lärmempfindlich. Wenn man in der Gesamtgruppe den Bereich von Mittelwert \pm SD als den Bereich der mittleren Lärmempfindlichkeit und die Itemschritte jenseits dieses Bereichs, also unterhalb 74,7 bzw. oberhalb 114,1, als Indikatoren für niedrigere bzw. höhere Lärmempfindlichkeit bezeichnen würde, dann wären in dieser Gruppe 11 Lehrerinnen und 1 Lehrer im Bereich der höheren Lärmempfindlichkeit einzuordnen; bei 6 Lehrerinnen und 2 Lehrern ist die Lärmempfindlichkeit geringer ausgeprägt (Tab. 6.8).

Tab. 6.8 Lärmempfindlichkeit einer Stichprobe von 79 Lehrerinnen und Lehrern

Lehrerinnen		Lehrer		Alle	
N	58	N	21	N	79
Alter	31 - 62	Alter	38 - 59	Alter	31 - 62
M	98,1	M	85,4	M	94,7
SD	18,3	SD	19,8	SD	19,4
Min	132	Min	115	Min	132
Max	42	Max	50	Max	42
Hohe Lärmempf [%]	18,97	Hohe Lärmempf [%]	4,76	Hohe Lärmempf [%]	15,19
Niedrige Lärmempf [%]	10,34	Niedrige Lärmempf [%]	9,52	Niedrige Lärmempf [%]	10,13

Eine Kontrollgruppe aus Studierenden hatte folgendes Ergebnis: Studenten lagen in ihrer Lärmempfindlichkeit im Mittel um 6,6 Punkte niedriger als Studentinnen. Die Indikatoren für eine höhere Lärmempfindlichkeit wurden auf >106,8 und für eine niedrigere auf <60,2 festgelegt. In der Gruppe der Studentinnen waren 38 und in der der Studenten 5 im Bereich der höheren Lärmempfindlichkeit einzuordnen, bei 36 Studentinnen und 10 Studenten ist die Lärmempfindlichkeit geringer ausgeprägt (Tab. 6.9).

Tab. 6.9 Lärmempfindlichkeit einer Stichprobe von 261 Studentinnen und Studenten

Studentinnen		Studenten		Alle	
N	211	N	50	N	261
Alter	19 - 55	Alter	20 - 34	Alter	19 - 55
M	84,8	M	78,2	M	83,5
SD	23,7	SD	20,8	SD	23,3
Min	20	Min	33	Min	20
Max	141	Max	122	Max	141
Hohe Lärmempf [%]	18,01	Hohe Lärmempf [%]	10,00	Hohe Lärmempf [%]	16,48
Niedrige Lärmempf [%]	17,06	Niedrige Lärmempf [%]	20,00	Niedrige Lärmempf [%]	17,62

Der Vergleich zwischen LehrerInnen und StudentInnen ergab, dass die Lärmempfindlichkeit bei LehrerInnen um 11,2 Punkte höher lag als bei StudentInnen.

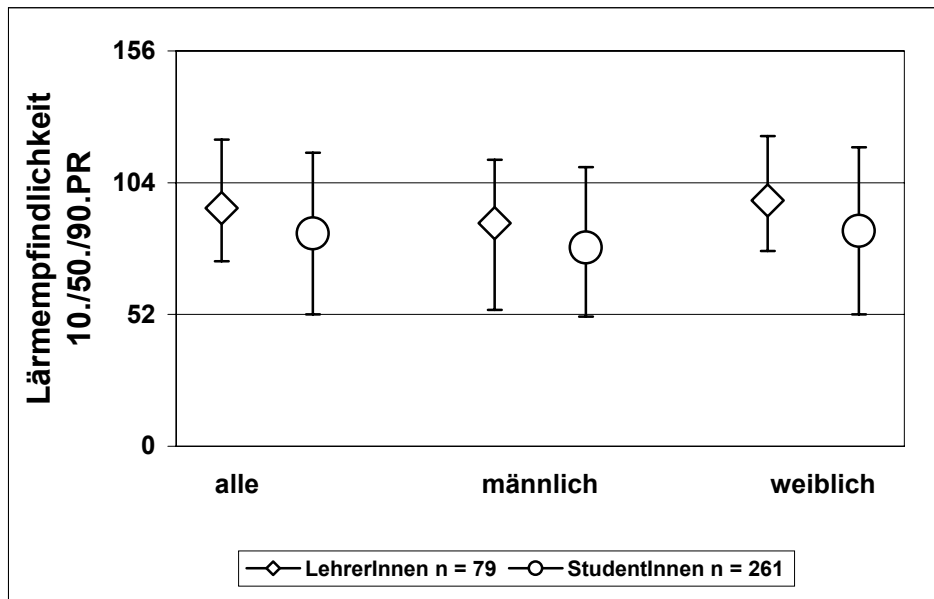


Abb. 6.4 Lärmempfindlichkeit bei LehrerInnen und StudentInnen: Median, 10. und 90. Perzentil

6.4.2 Lärmempfindlichkeit im Unterricht

Nach jeder Unterrichtsstunde wurden die Lehrkräfte aufgefordert, die Lautstärke des gerade vorübergegangenen Unterrichts und den Grad der Störung durch die Unterrichtsgeräusche anzugeben:

1. Wie laut empfanden Sie die Unterrichtsstunde?

1	2	3	4	5	6	7
extrem leise	sehr leise	leise	mittel	laut	sehr laut	schmerzhaft

2. Wie sehr fühlen Sie sich durch den Geräuschpegel gestört?

1	2	3	4	5
äußerst	stark	mittelmäßig	etwas	überhaupt nicht

Wir heben dann die „momentane“ Lärmempfindlichkeit auf die mittlere Lärmintensität der Stunde (L_{Aeq-k}) der Stunde bezogen:

$$\text{Lärmempfindlichkeit} = \frac{\text{empfundene Lautstärke}}{L_{Aeq-k}}$$

Abb. 6.5 gibt die kumulierten Häufigkeiten dieser Bewertungen über sämtliche Unterrichtsstunden abhängig von der Position der Stunden am Unterrichtstag wieder.

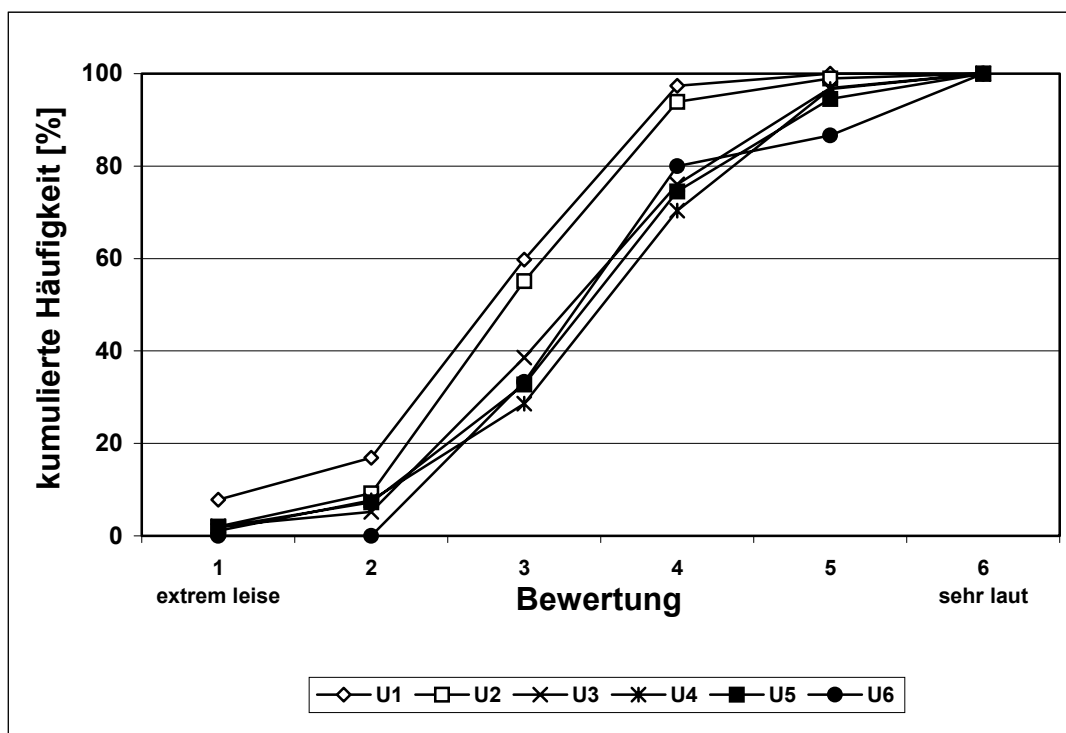


Abb. 6.5 Kumulierte Häufigkeiten der Lautstärkebewertungen von Unterrichtsstunden in Abhängigkeit von der Position der Stunden am Schultag

Es ist zu erkennen, dass die ersten beiden Unterrichtsstunden deutlich leiser eingestuft werden als die 3. – 6. Stunde. Das erlaubt die Vermutung, dass sich in der „Bewertung der „Lautstärke“ auch die allmählich einsetzende Erschöpfung der Lehrkräfte niederschlägt (eine 6. Stunde gab es allerdings nur selten; in Grundschulen kommt sie meist überhaupt nicht vor). Zwischen Grundschulen, OS und SEK I gibt es keine systematischen Unterschiede in der Lautstärke-Bewertung, und auch die „leiseren“ und „lauteren“ Grundschulen unterscheiden sich nicht systematisch voneinander.

Beurteilt man in ähnlicher Weise nicht die subjektive Lautstärkeempfindung, sondern die nach der o.a. Beziehung aus gemessener Schallintensität und subjektiver Lautstärkeempfindung abgeleitete momentane Lärmempfindlichkeit, so ergibt sich folgendes Bild (Abb. 6.6).

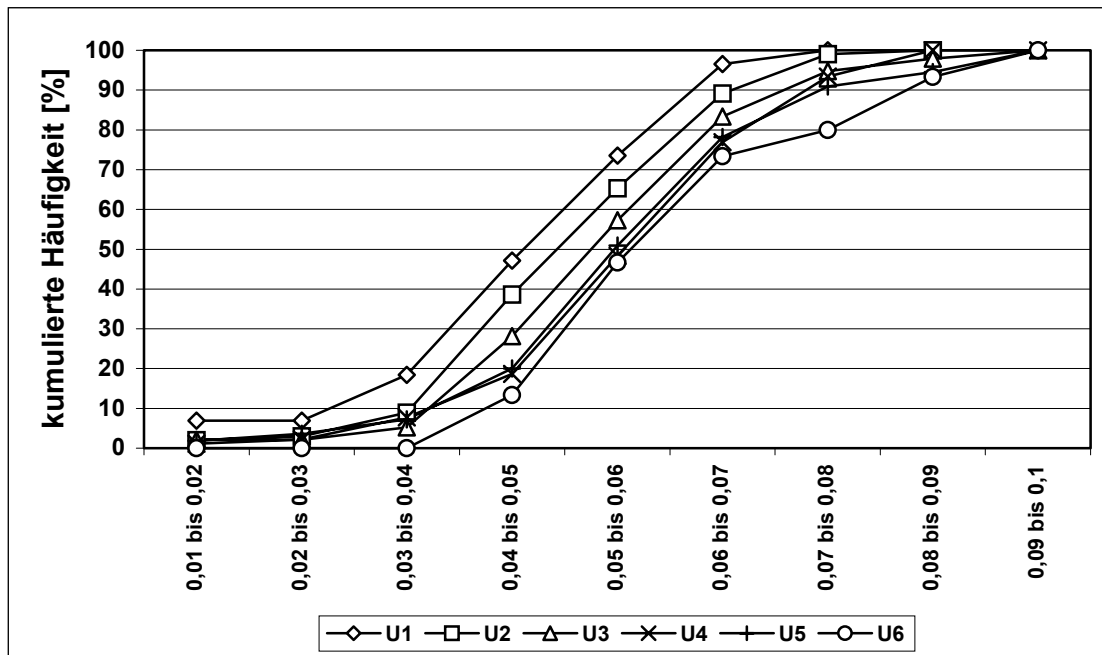


Abb. 6.6 Kumulierte Häufigkeiten der momentanen Lärmempfindlichkeit abhängig von der Reihenfolge der Unterrichtsstunden

Noch etwas deutlicher wird bei dieser Darstellung, dass die frühen U-Stunden mit geringerer Empfindlichkeit beurteilt werden als die späteren. Es wurde auch geprüft, wie die Bewertung der Lautstärke mit dem tatsächlichen Schallpegel im Unterricht zusammenhängt (Abb. 6.7).

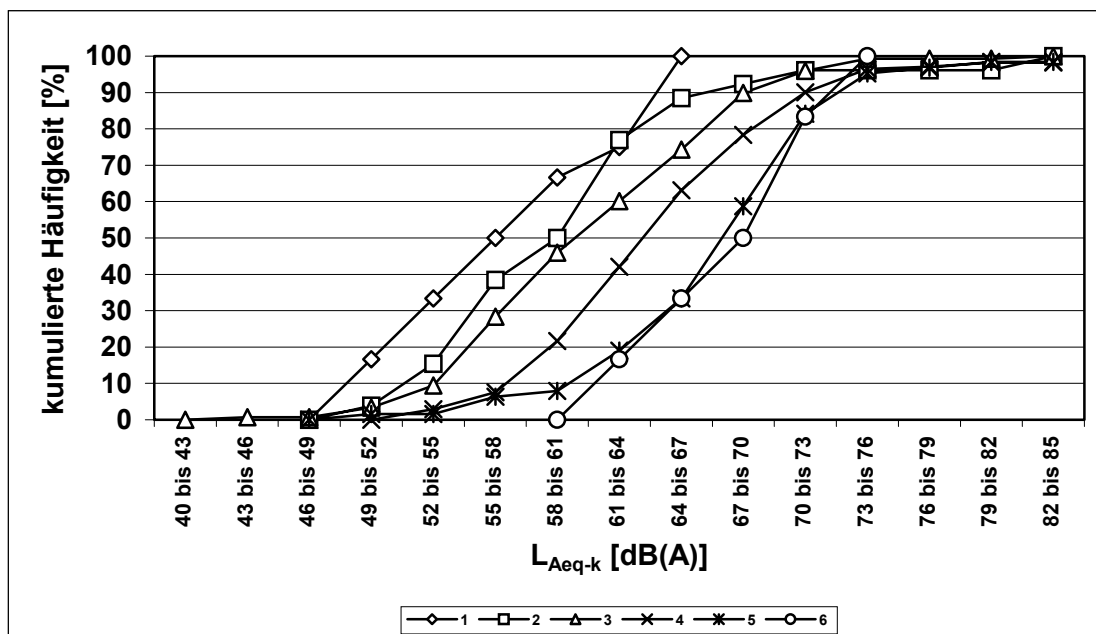


Abb. 6.7 Kumulierte Häufigkeiten der Lautstärke-Bewertungen in Abhängigkeit von der mittleren Schallintensität der U-Stunden (L_{Aeq-k})

Es zeigt sich, dass die subjektiven Lautstärkeurteile durchaus mit den gemessenen Schallpegeln korrespondieren. So zeigt ein Einzelbeispiel von einer Lehrkraft, von der mehrere 1.-4. U-Stunden in derselben Schulklasse erfasst werden konnten, dass die Lautstärkebewertung dem tatsächlichen Schallpegeln zu einem gewissen Grad proportional ist (Tab. 6.10; Abb. 6.8).

Tab. 6.10 Subjektiv empfundene Lautstärke und Schallpegel in 15 Unterrichtsstunden in einer Schulklasse

	N	Lautstärke	L_{Aeq}
U1	4	2,75	60,22
U2	3	3,67	63,78
U3	4	3,25	64,57
U4	4	4,75	68,85

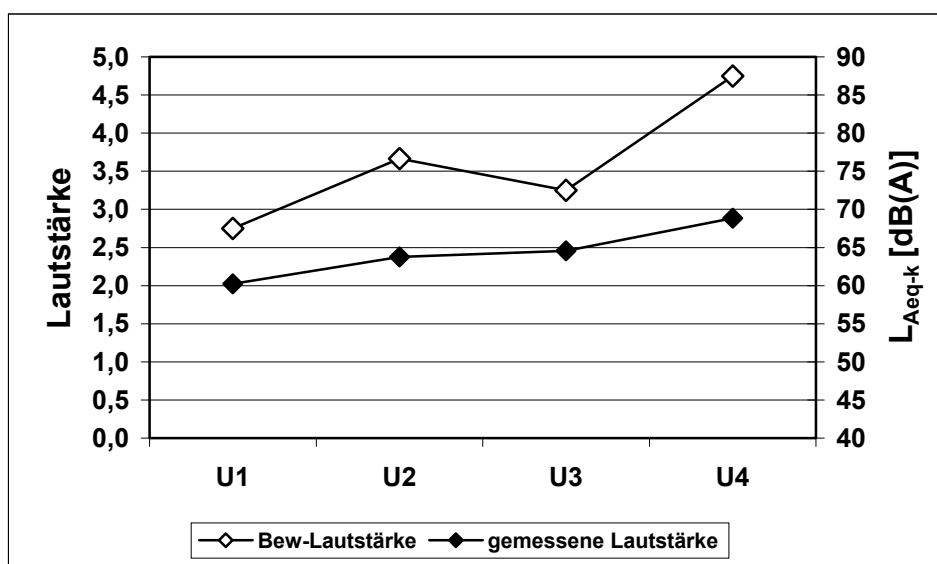


Abb. 6.8 Die Daten aus Tab. 6.10 wurden grafisch dargestellt. Mittelwerte; die Streuungsangaben wurden aus Gründen der Übersichtlichkeit fortgelassen

Man erkennt besser in der grafischen als in der numerischen Version den bereits angesprochenen Zusammenhang zwischen Lautstärkeempfindung und Schallintensität; die erste große Pause nach der 2. Stunde reicht zwar nicht aus, den Schallpegel auf das Maß der ersten beiden Stunden zu reduzieren, aber die Lautstärkebewertung fällt doch in der Summe aller 4 Beobachtungstage etwas milder aus als in der 2. und 4. Stunde.

Obwohl sich in diesem Beispiel andeutet, dass sich die Lärmempfindlichkeit mit fortschreitendem Unterrichtsvormittag erhöht, ist dies kaum als systematischer Zusammenhang nachzuweisen, weil solche Beispiele wie das vorstehende (eine Lehrkraft; eine Klasse; zusammenhängender Unterricht an 4 Tagen der Beobachtungswoche) so in unseren Daten sonst nicht vorkommen.

Auch der Vergleich verschiedener Schulen untereinander zeigt keinerlei systematischen Zusammenhang; insgesamt erscheint es, als spielten in dem Prozess der subjektiven Bewertung von Unterrichtsgläuschen zu viele individuelle, uns in dieser Studie unbekannt gebliebene Faktoren eine Rolle.

6.4.3 Störung durch Unterrichtsgläusche

Eine Übersicht über das Ausmaß der subjektiv empfundenen Störung durch Unterrichtsgläusche zeigt Abb. 6.9. Danach besteht der vorhersehbare Zusammenhang zwischen der mittleren Intensität der Unterrichtsschallpegel und dem Grad der subjektiv empfundenen Störung. Zur Erinnerung:

2. Wie sehr fühlen Sie sich durch den Geräuschpegel gestört?

1	2	3	4	5
äußerst	stark	mittelmäßig	etwas	überhaupt nicht

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die subjektive Wahrnehmung der Lautstärke von Unterrichtsgläuschen durchaus mit den Befunden der physikalischen Messung korreliert: höhere Schallpegel werden auch als lauter, niedrigere Pegel als leiser empfunden. Für den „Grad der Störung“ gibt es kein vergleichbares, objektives Korrelat. Immerhin bestätigt sich relativ sicher, dass in lauterer U-Stunden (gemessen am L_{Aeq-k}) die Geräusche als störender, in leiseren U-Stunden als weniger störend empfunden werden. Ganz entsprechend gibt es Hinweise darauf, dass die Unterrichtsgläusche in den ersten beiden Klassenstufen als lauter, in den älteren Jahrgängen als leiser eingestuft werden; für den Grad der Störung gilt Ähnliches; grundsätzlich ist aber hinzuzufügen, dass angesichts der sehr heterogenen Untersuchungsbedingungen und der für Parameter wie „subjektives Lautstärkeempfinden“

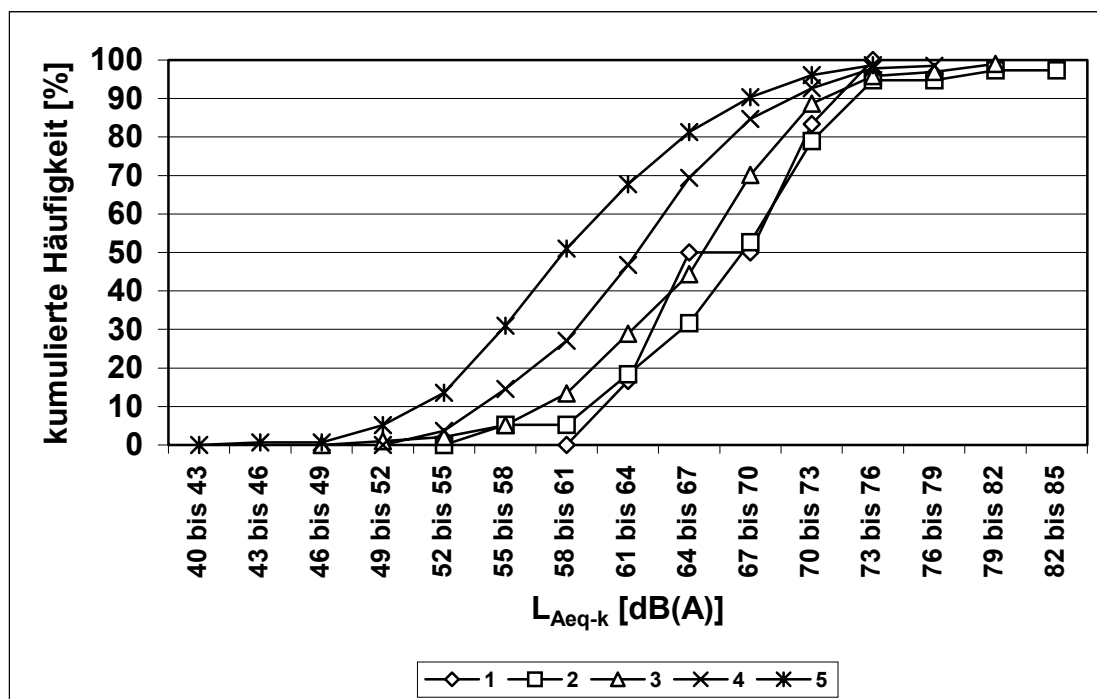


Abb. 6.9 Kumulierte Häufigkeiten des Ausmaßes der Störung durch Unterrichtsräusche. Weiter links liegende Summenkurven signalisieren leisere U-Stunden, in denen die Störungen geringer eingeschätzt werden; weiter rechts gelegene Kurven entsprechen dem stärkeren Störungsempfinden in lauterer U-Stunden

oder „subjektive Einschätzung von Störungen durch Geräusche“ von vornherein multifaktorielle Zusammenhänge zu unterstellen sind, so dass die Bedingungen einer „offenen“ Feldstudie für derartige Fragestellungen durch Untersuchungen mit stärkerer Parameterkontrolle ergänzt werden müssen, wenn Befunde, wie sie in diesem Abschnitt zusammengefasst sind, statistisch abgesichert werden sollen. Dasselbe gilt für die sich abzeichnende Tendenz, dass im Tagesverlauf früher angesiedelte U-Stunden (1. und 2.) im Mittel nicht nur leiser sind (wie durch physikalische Messung bestätigt werden kann), sondern auch als leiser und mit weniger Störung durch Unterrichtsräusche wahrgenommen werden.

Anzumerken wäre noch, dass keinerlei Zusammenhang ($r \approx 0.005$) zwischen der mit dem Fragebogen ermittelten „allgemeinen Lärmempfindlichkeit“ (s.o. Tab. 6.8) und der subjektiv empfundenen „Störung“ oder „Belästigung“ durch den realen Unterrichtslärm nachgewiesen werden konnte.

6.5 Untersuchungen zum Umgang von LehrerInnen mit Geräuschen

Die Lehrerinnen und Lehrer, die an dieser Studie teilgenommen haben, waren über ihre alltäglichen Aufgaben hinaus hoch belastet: Sie haben jeweils mindestens eine Woche lang (manchmal wegen ihrer Beteiligung am Unterricht in mehreren Schulklassen des Untersuchungsprogramms über einen deutlich längeren Zeitraum) hingegenommen, dass zwei BeobachterInnen ihren Unterricht besucht und Aufzeichnungen gemacht haben, dass der Unterricht durch Messungen zur Klassenraumakustik und durch die mitlaufenden Schallpegelaufzeichnungen gestört wurde. Und schließlich sollten sie nach jeder Unterrichtsstunde noch über ihre eigene Wahrnehmung des Geräuschpegels (nach *Lautstärke* und *Ausmaß der Störung*) in eben dieser gerade vergangenen Stunde Auskunft geben. Hinzu kamen Beeinträchtigungen im Umfeld des Unterrichts: Die ständige Anwesenheit von betriebsfremden Projektmitarbeitern in der Schule, die Beantwortung von Fragen zu Hintergrunddaten (Lebensalter, Dienstalter, Unterrichtsfächer), die Abstimmung des eigenen Unterrichtsprogramms mit dem geplanten Projektablauf usw.. Unter diesen Umständen kann es nicht verwundern, dass auf der einen Seite (der Lehrerinnen und Lehrer) die Neigung, sich an weiteren peripheren Untersuchungen des Projektes zu beteiligen, begrenzt war, und dass auf der anderen Seite (der Projektinitiatoren) kein Versuch unternommen wurde, irgendwelchen Druck auszuüben, um eine stärkere Beteiligung zu erzielen. Dass sich dennoch in allen 5 Schulen Lehrkräfte gefunden haben, die sich dieser zusätzlichen Strapaze unterzogen haben, verdient Anerkennung und unseren besonderen Dank.

Hier findet sich auch der Grund dafür, dass der mit „Einzeluntersuchungen“ umschriebene Projektbereich jeweils unterschiedlich große Gruppen von Lehrerinnen und Lehrern erfasst hat. So waren es bei der Bestimmung des Hörvermögens (Gehör-Anamnese, Otoskopie, Audiometrie) 46 Personen (28 w; 18 m); den Fragebogen zur Lärmempfindlichkeit haben 79 Lehrkräfte (58 w; 21 m) beantwortet, und das „Heiserkeitsdiagramm“ zur Beurteilung des Stimmapparates wurde bei 55 Lehrerinnen und Lehrern (45 w; 10 m) gemessen. An den „Untersuchungen zum Umgang mit Geräuschen“, über die im vorliegenden Abschnitt berichtet wird, haben 38 Lehrkräfte (23 w; 15 m) teilgenommen; wegen einiger Datenverluste ist davon in einigen Fällen im Er-

gebnis eine geringere Anzahl übriggeblieben; dies ist bei den verschiedenen Untersuchungsgängen jeweils vermerkt.

6.5.1 Reaktion auf „Schulgeräusche“ im Labor

Dieser Untersuchungsabschnitt sollte eine dem Arbeitsalltag in der Schule entsprechende Situation nachbilden, wobei die einzelnen Geräuschbeispiele von je 30 sec Dauer (Aufnahmen aus Schulklassen, die mit unterschiedlicher Lautstärke am Kopfhörer anlagen) anders als in der Realität, durch eine "Entspannungssituation" von 15 sec, in diesem Fall Vogelstimmen, voneinander getrennt wurden. Der sich daraus ergebende Versuchsablauf ist in Abb. 6.10 dargestellt. Die drei Phasen der Testgeräusche waren auf 65, 60 und 75 dB(A) eingestellt:

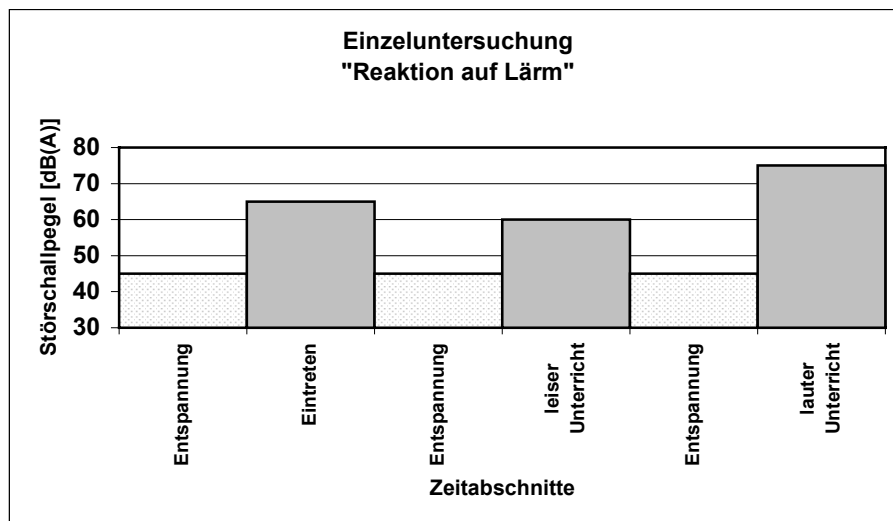


Abb. 6.10 Versuchsablauf im Versuch „Reaktion auf Schulgeräusche“

In diesem Versuch wurde die Herz(schlag)frequenz als Maß der psychophysischen Beanspruchung in einer dreikanaligen Aufzeichnung auf der zweiten Spur festgehalten (die erste Spur zeigte den zeitlichen Versuchsablauf; die dritte Spur war in diesem Versuch nicht belegt). Ein Beispiel für eine solche Aufzeichnung zeigt Abb. 6.11:

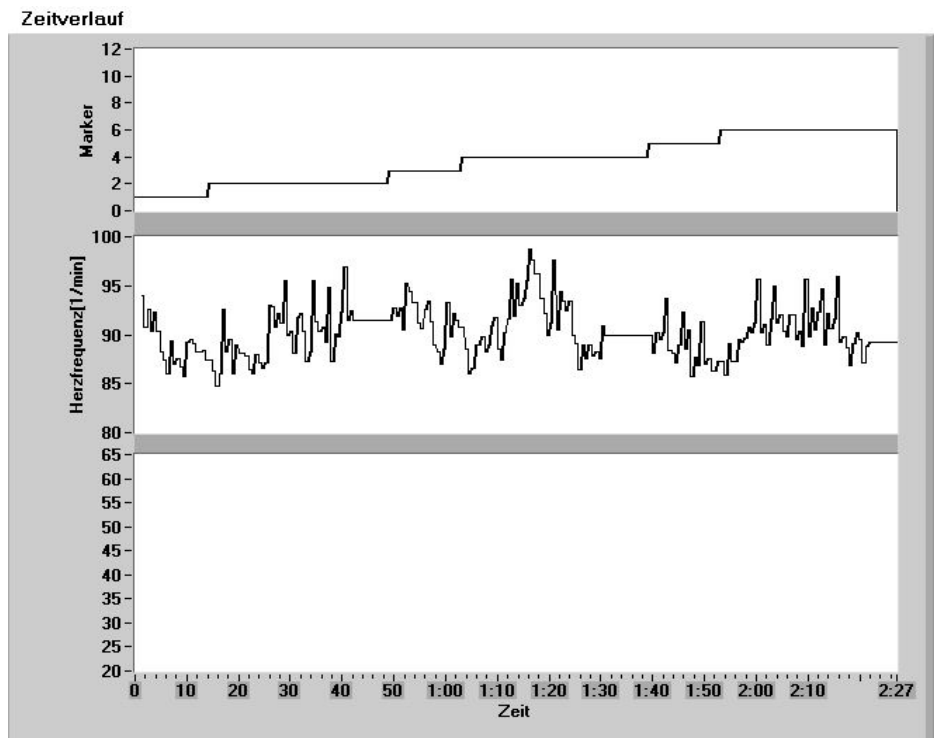


Abb. 6.11 Herzfrequenz-Reaktion (Mitte) auf Schulgeräusche unterschiedlicher Intensität (oben; Zeitverlauf)

Man erkennt, dass die Phasen der Testgeräusche jeweils mit einem Anstieg, die eingeschobenen Entspannungsphasen mit einem Absinken der Herzfrequenz beantwortet werden.

Wenn man die Testpersonen unmittelbar nach dem Ende jedes Testgeräusches um dessen Einschätzung nach *Lautstärke* und erlebter *Belästigung* bittet, bewerten Lehrerinnen es lauter und stärker belästigend als ihre männlichen Kollegen (Abb. 6.12):

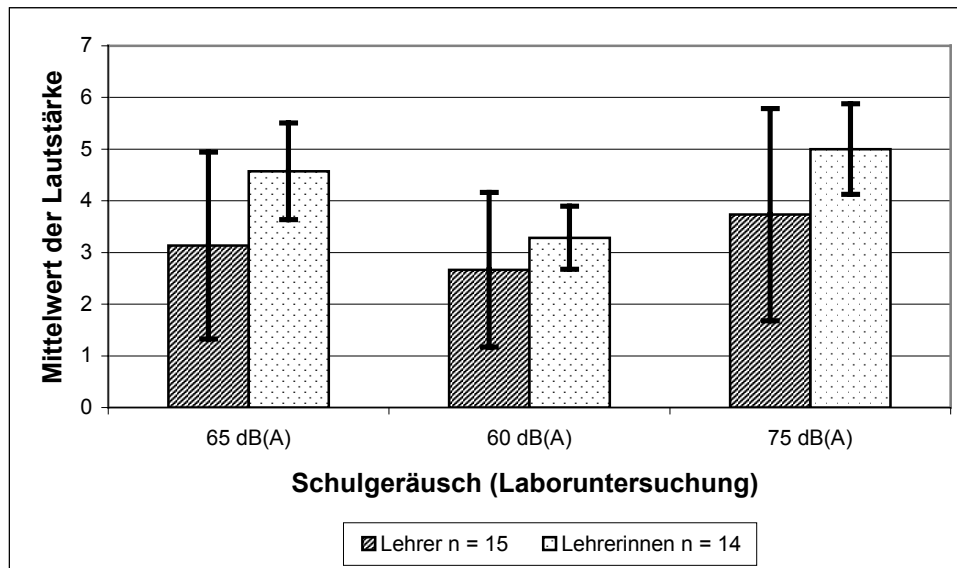


Abb. 6.12 Einschätzung der Lautstärke von Testgeräuschen (MW ± s)

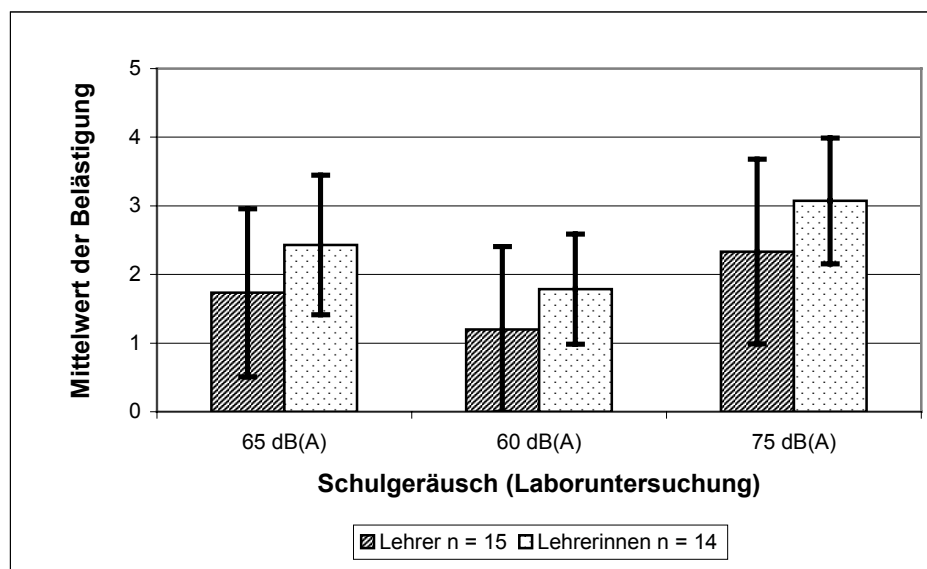


Abb. 6.13 Einschätzung des Grades an Belästigung durch Testgeräusche (MW ± s)

Dieser Befund korrespondiert mit der größeren Lärmempfindlichkeit von Lehrerinnen, wie sie sowohl im Lärmempfindlichkeits-Fragebogen wie auch in der Bewertung und Einschätzung der realen Unterrichtsgeräusche (s.o. 6.4.1 bis 6.4.3) zum Ausdruck gekommen ist.

6.5.2 Hörgewohnheiten

Der Umgang mit Alltagsgeräuschen sollte durch diesen Abschnitt der Untersuchung überprüft werden. Die hier verwendeten Testgeräusche entstammen alle dem Bereich außerhalb des Arbeitsplatzes. Die Aufgabe war wie folgt formuliert:

"Stellen Sie die Lautstärke des Geräusches mittels eines Reglers auf einen für sich selbst angenehmen Pegel ein!"

Der Versuchsablauf ist in Abb. 6.14 dargestellt:

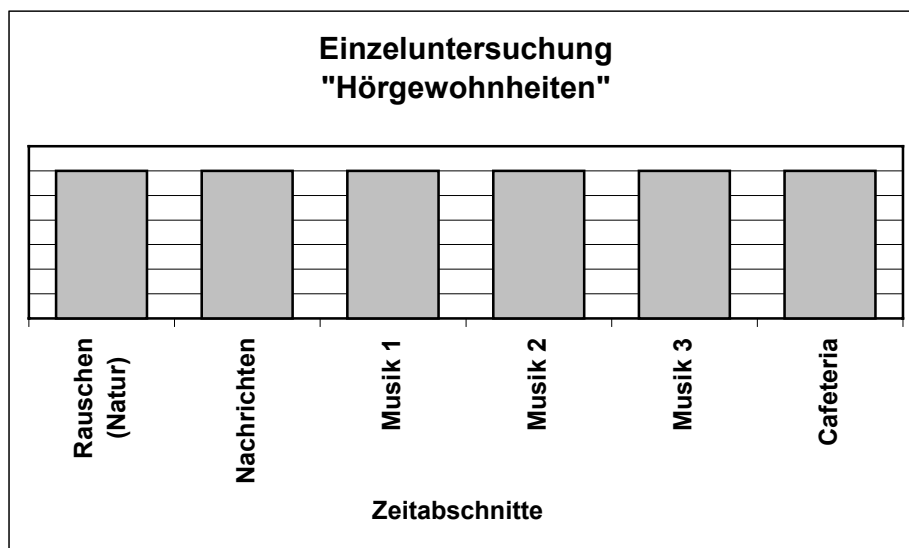


Abb. 6.14 Versuchsablauf im Versuch „Hörgewohnheiten“

In diesem Versuch wurden (wiederum über Kopfhörer) verschiedene nicht der Arbeitswelt entstammende Testgeräusche für je 30 sec eingespielt; danach folgte eine kurze Phase (10 sec) absoluter Ruhe. Der in der Anordnung enthaltene Regler, der oben bereits angesprochen wurde, war anfangs immer auf 50 % der vollen Pegelaussteuerung eingestellt; die Testpersonen hatten dann die Möglichkeit, die Reglereinstellung selbst zu verändern. Ein Beispiel ist in Abb. 6.15 dargestellt:

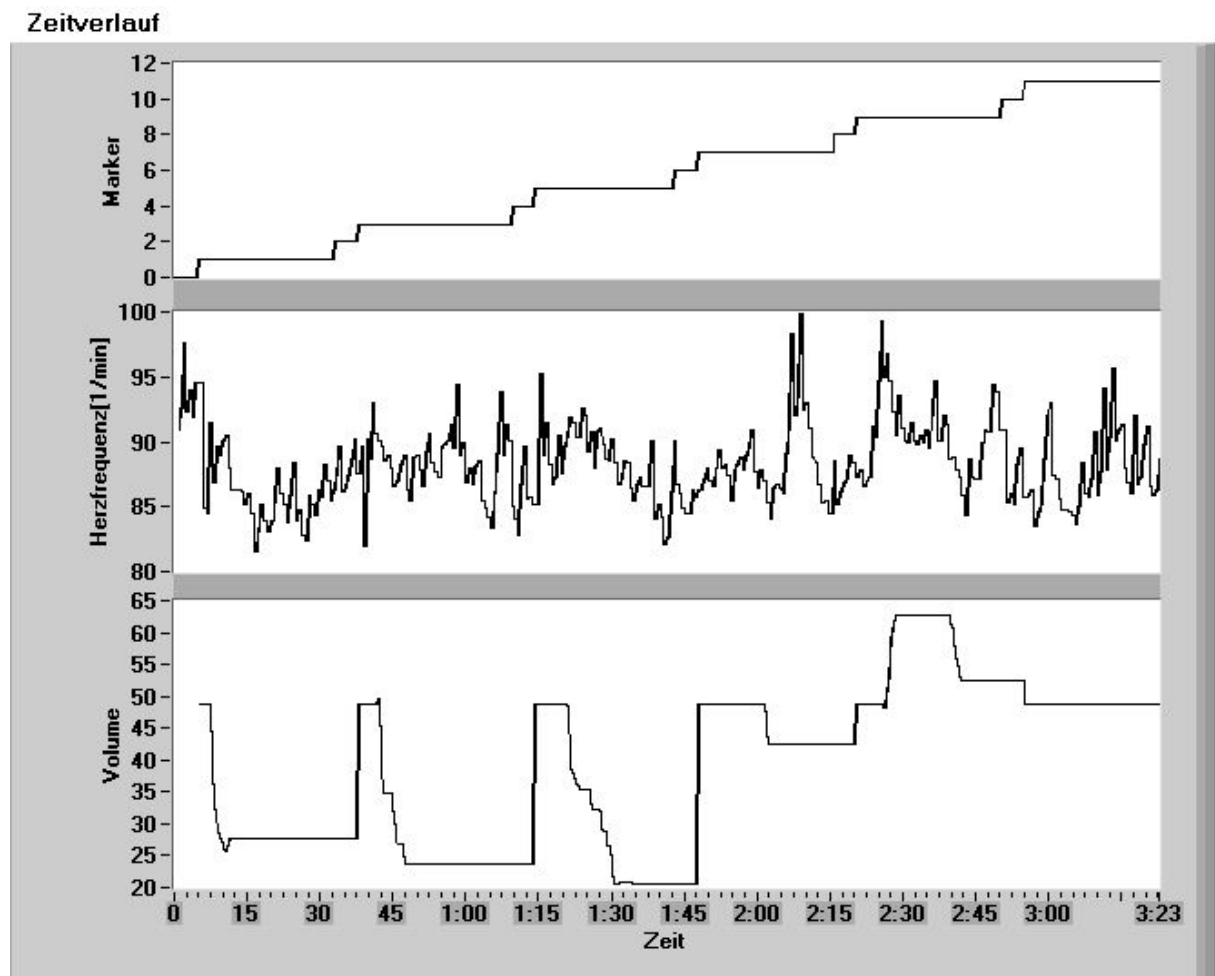


Abb. 6.15 Versuchsbeispiel „Hörgewohnheiten“. Versuchsphasen (oben), Herzfrequenz (Mitte) und Reglereinstellung (untern)

Das in Abb. 6.15 dargestellte Beispiel stellt eine Ausnahme dar, dies ist die einzige Person, die die Lautstärke bei dem Geräusch 5 (Popsong) lauter gestellt hat, Ausgangspegel war immer 50% der vollen Pegelaussteuerung. Eine Besonderheit ergab sich bei dem Geräusch 6 (Gespräch in einer Cafeteria), hier haben viele Personen durch Erhöhen der Lautstärke versucht das Gespräch zu verstehen, was aber nicht möglich war, da es sich um zwei überlagerte Gespräche handelte. Nach diesem vergeblichen Versuch wurde die Lautstärke in der Regel so weit reduziert, dass nur ein leises Hintergrundgeräusch übrig blieb. In einzelnen Fällen wurden Anmerkungen durch die Personen gemacht im Sinne von "dieses Geräusch würde ich eigentlich gerne ganz abstellen".

Die Mittelung der Hörpegel über alle Personen ist für die 6 Geräusche in der Abb. 6.16 dargestellt. Hier wird der Unterschied im Umgang mit Geräuschen

zwischen Männern und Frauen wieder deutlich, entsprechend der Bewertung aus dem vorhergehenden Untersuchungsabschnitt.

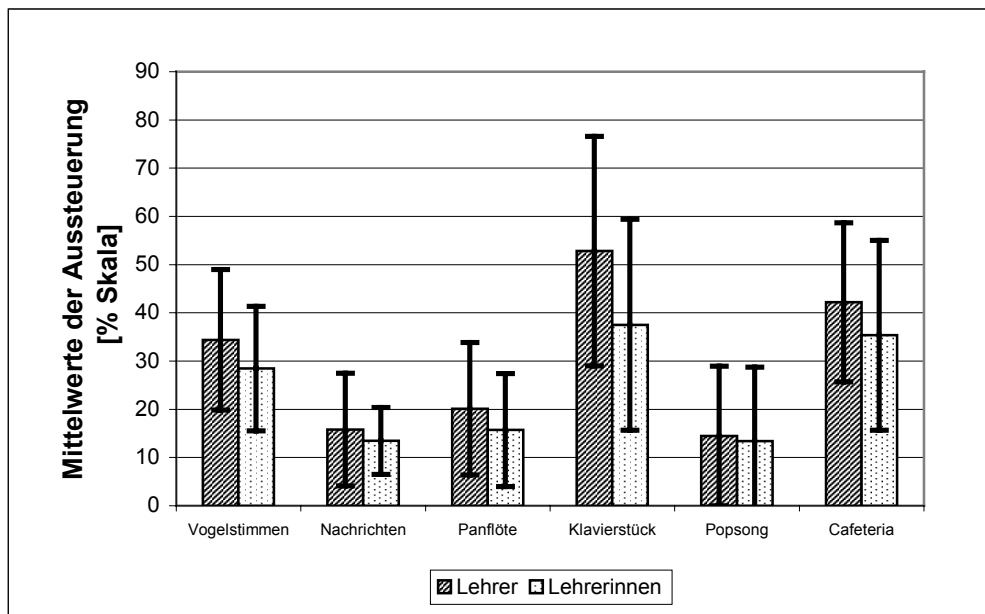


Abb. 6.16 Versuch „Hörgewohnheiten“. Pegelaussteuerung bei Lehrerinnen (N=23) und Lehrern (N = 15). MW ± s

Die hohen Pegelwerte bei dem Klavierstück sind sicher auf die besondere Dynamik dieses Stückes zurückzuführen, wohingegen die hohen Werte bei dem Cafeteria-geräusch auf die zuvor beschriebenen Anstrengungen nach Sinnerkennung zurückzuführen sind.

Hier stellt sich die Frage nach einem Zusammenhang zwischen der PegelEinstellung und der Hörfähigkeit, im Allgemeinen geht man davon aus, dass eine hörgeschädigte Person bei fehlender Hörhilfe das Geräusch lauter einstellt als eine normalhörende Person. In den Abb. 6.17 und Abb. 6.18 sind für Männer und Frauen getrennt jeweils 2 Personen mit den höchsten und 2 Personen mit den niedrigsten Wiedergabepegeln dargestellt. Bei den Lehrern erfolgen sowohl die niedrigen als auch die hohen Pegel-Einstellungen durch Lehrer mit einer Hörschädigung; bei den Lehrerinnen dagegen gehören die höchsten Lautstärkepegel, entgegen den Erwartungen, zu einer Person ohne Hörschädigung.

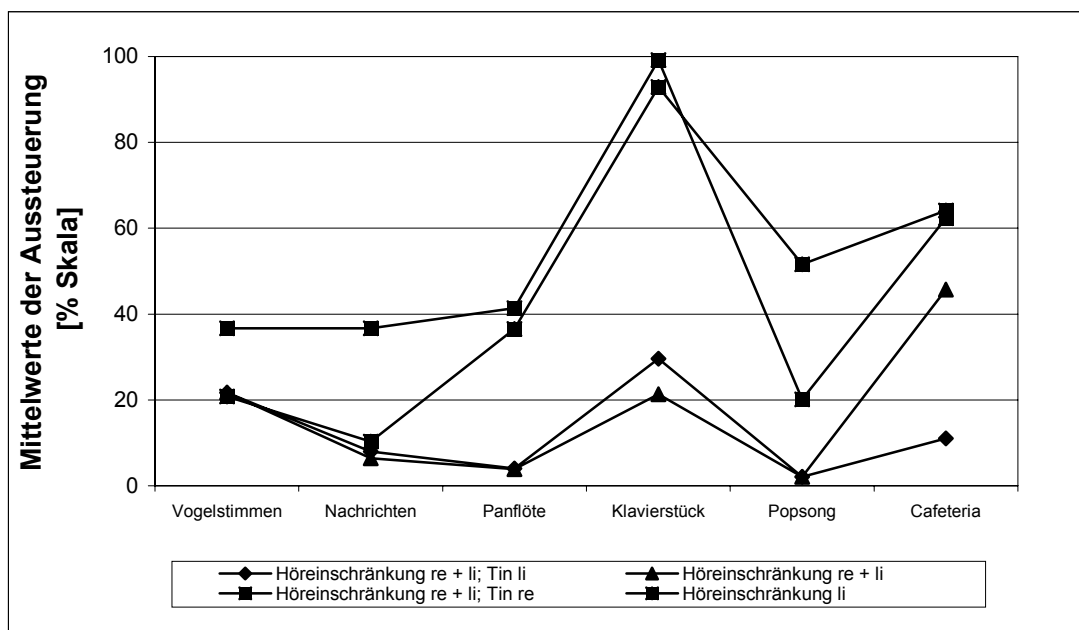


Abb. 6.17 HörpegelEinstellung durch Lehrer

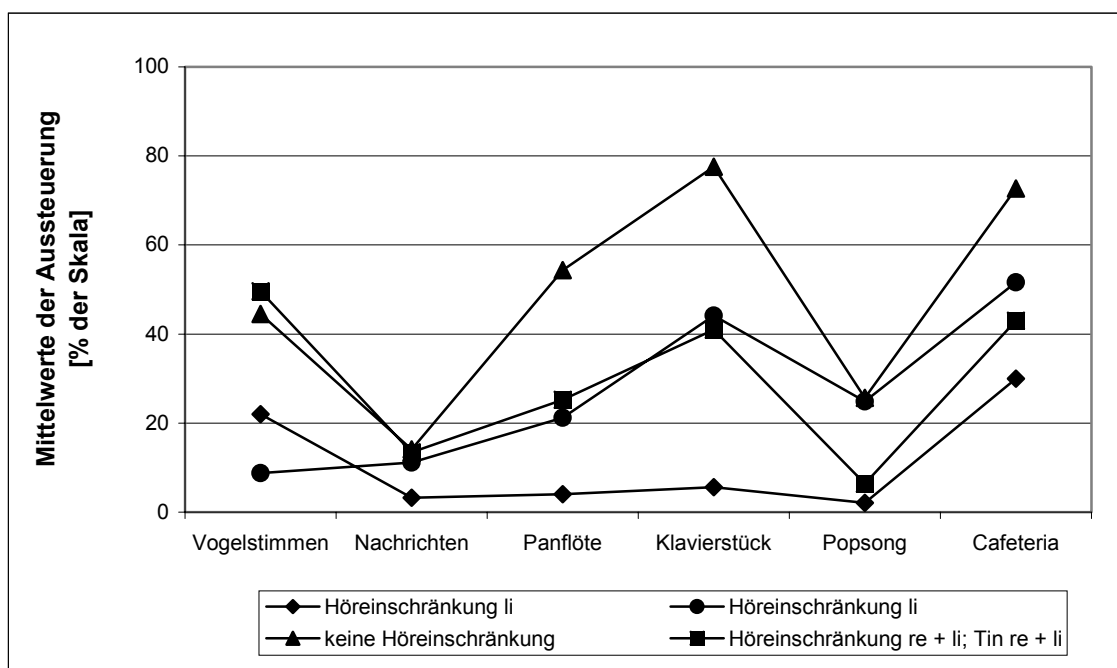


Abb. 6.18 HörpegelEinstellungen durch Lehrerinnen

Bei der Einstellung der Lautstärke von Tonmustern spielt offenbar die Lautstärke der verschiedenen Beispiele die geringste Rolle; andere, hier nicht kontrollierte Faktoren wie Zu- oder Abneigung zu eine Musikrichtung, aktuelles Interesse an Texten (z.B. fiktive Nachrichten von einem längst vergangenen Datum usw., haben anscheinend größeres Gewicht. Anzumerken ist in jedem Fall, dass zwischen der Hörfähigkeit und dem ausgewählten Geräuschpegel nicht der erwartete Zusammenhang (höher einge-

stellter Schallpegel bei geringerer Hörfähigkeit) besteht; Unterschiede in der Intensität der Unterrichtsgeräusche lassen sich auf diese Weise nicht so einfach erklären.

6.5.3 Sprechlautstärke

In diesem dritten Versuchsabschnitt bestand die Aufgabe darin, zwei kurze Texte zu sprechen, während gleichzeitig über Kopfhörer ein typisches Unterrichtsgeräusch dargeboten wurde. Der erste Teil bestand in der Ankündigung eines Diktates bei lauterem Störgeräusch (65dB(A)), der zweite Teil aus dem Vorlesen eines Diktattextes bei leisem Unterrichtsgeräusch (55dB(A)). Hier sollte geprüft werden, in welchem Ausmaß die Intensität von Unterrichtsgeräuschen von der individuellen Lautstärke der Stimmen von Lehrerinnen und Lehrern abhängt.

In diesem Versuchsabschnitt wurden Versuchsphase, Herzfrequenz und dazu der Sprechpegel aufgezeichnet. Ein Beispiel ist in Abb. 6.19 dargestellt.

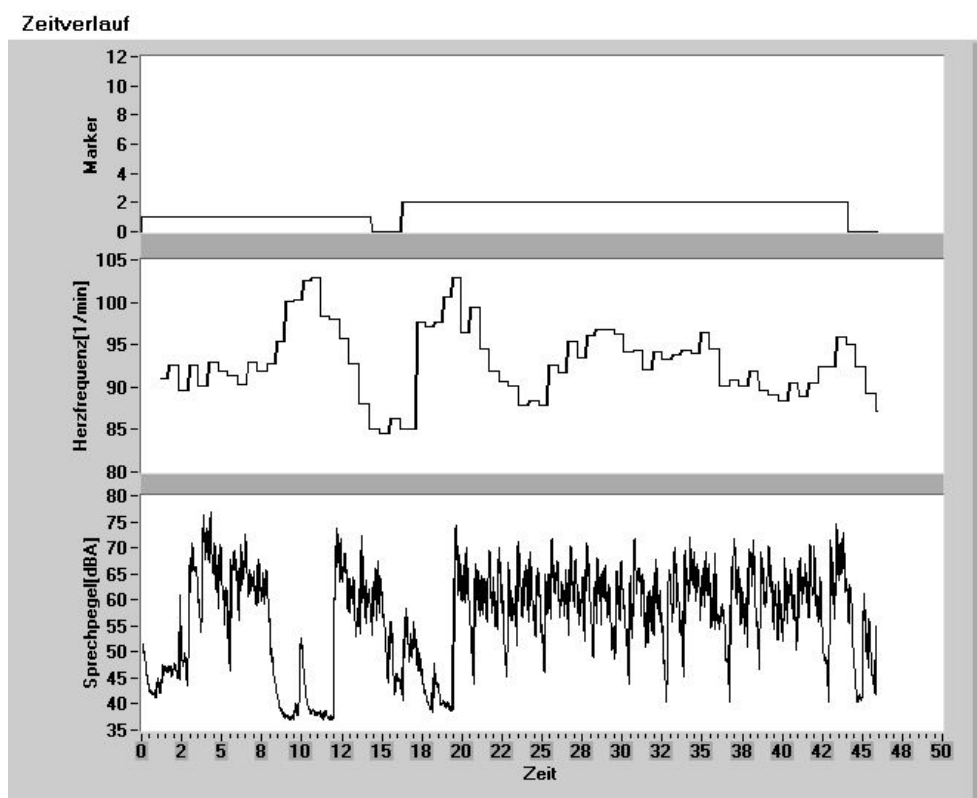


Abb. 6.19 Protokollbeispiel aus dem Versuch zur Sprechlautstärke

Die Auswertung der Sprechpegel ergab einen leichten Unterschied zwischen den Sprechpegeln in beiden Situationen in der erwarteten Tendenz, aber sehr viel gerin-

ger als der Unterschied der beiden Störgeräusche. Der mittlere Sprechpegel in der Ankündigungssituation lag nur knapp 3 dB(A) über dem Störpegel, in der Diktatsituation dagegen fast 11 dB(A) höher (s. Abb. 6.20). Die Lehrerinnen und Lehrer meinten dazu, die Untersuchungsbedingung sei nicht geeignet, die reale Arbeitssituation nachzubilden; die fehlende Schülerschaft könne nicht durch eine Tonkonserve ersetzt werden.

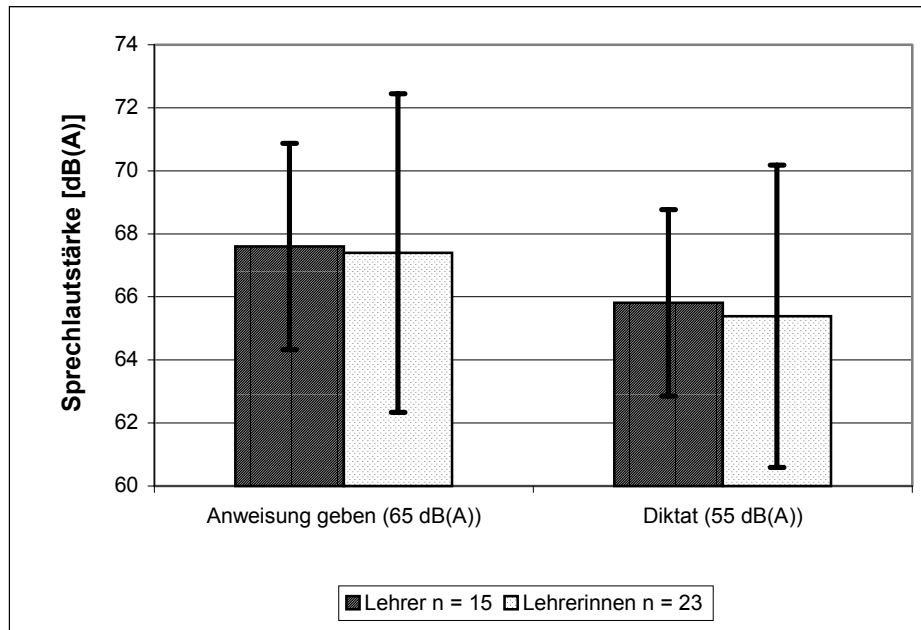


Abb. 6.20 Sprechlautstärke von Lehrerinnen und Lehrern in zwei Laborsituationen.
MW \pm s

Zwischen den Geschlechtern besteht offenbar kein systematischer Unterschied der Sprechlautstärke; ebenso kann keine Abhängigkeit der Sprechlautstärke von der Hörfähigkeit festgestellt werden.

6.5.4 Heiserkeitsdiagramm

Mit dem „Heiserkeitsdiagramm“ sollten bei Lehrerinnen und Lehrern Veränderungen des Stimmapparates erfasst werden, die wegen der Notwendigkeit, ständig mit angehobener Stimme zu sprechen, seit langem als typische „Lehrerkrankheiten“ bezeichnet werden (BURGERSTEIN 1902; MÜLLER-LIMMROTH 1980; TORDEL 1982).

Das Heiserkeitsdiagramm stellt Eigenschaften der menschlichen Stimme in Form eines Diagramms dar, das von einem Computerprogramm auf der Grundlage eines Sprachtests (in unterschiedlichen Stimmlagen gesprochene Vokale) erstellt wird und die beiden Merkmale „Rauschen“ (Ordinate) und „Irregularität“ (Abszisse) in einem kartesischen Koordinatensystem miteinander verknüpft. Wird eine individuelle Stimme im unteren linken Quadranten lokalisiert, gilt sie als unauffällig; außerhalb davon ist entweder die Rauschkomponente oder die Irregularitätskomponente zu groß.

In der vorliegenden Studie haben sich 45 Lehrerinnen und 10 Lehrer dieser Untersuchung unterzogen (Abb. 6.21):

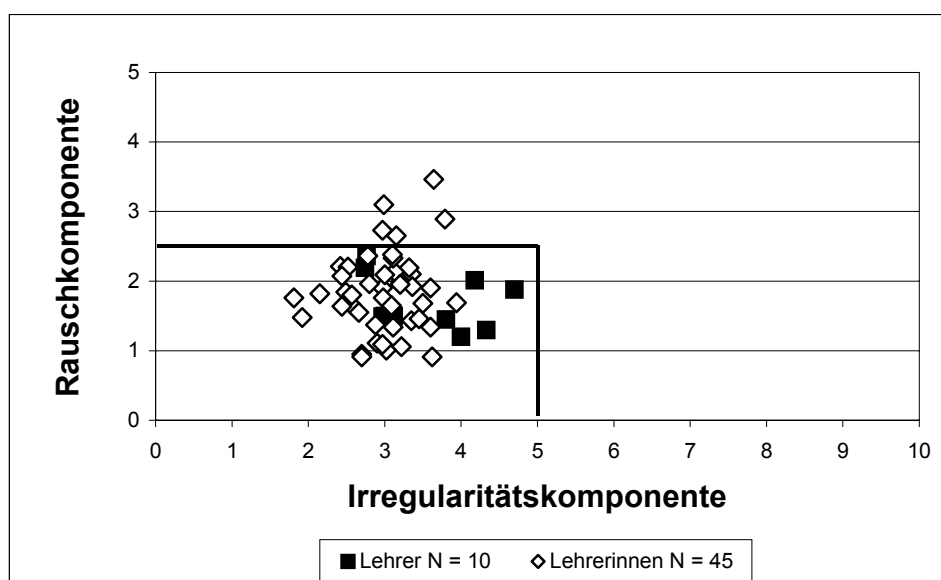


Abb. 6.21 Heiserkeitsdiagramm von 45 Lehrerinnen und 10 Lehrern

Die Mehrzahl der Lehrkräfte findet sich in dem die „Unauffälligkeit“ der Stimme signalisierenden Quadranten; bei 5 Lehrerinnen wurde eine zu hohe Rauschkomponente konstatiert. Für einen Berufsstand mit überdurchschnittlicher Stimmbelastung ist das nicht ganz unerwartet: Stimmprobleme hat Torkel bei der Durchsicht von Krankenversicherungs-Akten bei Selbständigen (Kaufleuten) und Verwaltungsbeamten nur in 0.02 % aller gemeldeter Erkrankungsfälle gefunden; bei Lehrerinnen und Lehrern waren es immerhin ein Vielfaches (2.3 %).

Leider ist es nur in einem Fall gelungen, verwertbare Daten für ein Heiserkeitsdiagramm vor und nach dem Vormittagsunterricht zu erhalten; in diesem Einzelfall war

nach dem Unterricht die Rauschkomponente etwas angestiegen. Hier könnte es sich lohnen, eine breiter angelegte, systematische Untersuchung der Stimmbelastung durch den Unterricht anzuschließen.

7 Fazit

7.1 Geräuschsituation in Bildungsstätten

In Bildungsstätten entsteht Lärm. Bildungsstätten werden hier exemplarisch vertreten durch einige Regelschulen, durch Lehrpersonal, das überall meist durch Erwachsene verkörpert wird, und durch Lernende, im vorliegenden Beispiel Kinder und Jugendliche im Alter von ca. 6 – 16 Jahren. Schließlich spielen auch die Räume, in denen Bildungs- oder Ausbildungsprozesse stattfinden, eine Rolle.

Lärm, der in Bildungsinstitutionen entsteht, erreicht nur selten die hohe Intensität, die bei langjähriger Exposition zu einem Hörschaden führen kann. Ein Beurteilungspegel von 85 dB(A) konnte im Rahmen dieser Untersuchungen an keiner Stelle nachgewiesen werden. Es ist eher der „Lärm mittlerer Intensität“, der in der Arbeitssituation des Lehrers als Störung und als Belastung empfunden wird und somit die Bildungsinstitutionen daran hindert, ihre Aufgaben optimal zu erfüllen.

In Schulen wurden in dieser Studie während des Unterrichts durchschnittliche Schallpegel zwischen 60 und 85 dB(A) gemessen. Das sind Schallpegel, die z.T. um ein Mehrfaches die Schallintensitäten übersteigen, die von der Arbeitswissenschaft für Arbeitsstätten für Tätigkeiten mit informatorischer Arbeit, also z.B. für Bürotätigkeiten, empfohlen werden. So fordern z.B. SUST UND LAZARUS (1997), dass in Räumen für Bildungsprozesse Grundschallpegel (um 30 – 45 dB(A) und Nachhallzeiten (um 0,4 sec) noch deutlich niedriger liegen müssen, als sonst für geistige Tätigkeiten empfohlen wird. Auch Schülerinnen und Schülern, für die die Unterrichtssprache eine Fremdsprache ist oder die unter einer Aufmerksamkeitsstörung leiden, sollen die verbal übermittelte Information zu 100 % verstehen können, und Lehrkräfte sollen sich verständlich machen können, ohne die Stimme stark anheben zu müssen. Eine der zentralen Funktionen von Veranstaltungsräumen in Einrichtungen der Aus-, Fort- und Weiterbildung ist die Übermittlung gesprochener Information; dies ist eine der Grundlagen der Lehre ebenso wie des Lernens und findet in Form des diskursiven Unterrichts in jeder denkbaren Richtung statt. Eine fehlerfreie Informationsübertragung setzt optimale raumakustische Bedingungen voraus; sie sind beurteilbar anhand der *Nachhallzeit von Schallsignalen* und anhand der *Sprachverständlichkeit ge-*

sprochener Texte, errechnet als *Sprachverständlichkeits-Index* (STI). Eine mangelhafte Raumakustik führt schnell zu einem Anstieg des Geräuschpegels durch ungenügende Absorption von Störgeräuschen und durch Anheben der Stimme (ein unvollkommener Versuch, Verständnisfehler zu vermeiden). Die Folge sind fehlerhafte Kommunikation, Störung kognitiver Prozesse, erhöhte Sprechanstrengung, gesteigertes Belastungsempfinden und damit letztlich überflüssige Erschöpfung. Lehr- und Lernresultate werden beeinträchtigt. Mangelhafte Raumakustik wurde in der Mehrzahl der 30 überprüften Klassenräume von 5 Schulen in Bremen und Nordrhein-Westfalen angetroffen.

Die Beobachtungen der vorliegenden Studie zeigen eine deutliche Altersabhängigkeit der Intensität von Geräuschen im Unterricht innerhalb der untersuchten Altersgruppen von 6 bis 16 Jahren: Jüngere Jahrgänge sind lauter als die älteren. Für die Gruppe der Erwachsenen ist davon auszugehen, dass die Aufmerksamkeit stärker auf den Lernprozess gerichtet ist als z.B. bei Schulanfängern, bei denen ein Teil der Energie (auch stimmliche Energie) auf die soziale Durchsetzung in der Lerngruppe (Hackordnung) verwendet wird. Die Auswirkungen des Sozialverhaltens von Schülerinnen und Schülern und des so oder anders mitverursachten Lärmpegels auf Lernprozesse kann z.B. anhand der Laborstudien von SCHICK et.al. (2003) abgeschätzt werden.

Auswirkungen auf die Geräuschsituation in einer Lern- oder Arbeitsgruppe wurden sehr deutlich durch Befunde aus den an der Studie beteiligten Grundschulen, deren Kollegien mit Verhaltensproblemen sehr unterschiedlich umgehen. Hier stehen die „leisen“ Schulen mit einem Schwerpunkt im „Lernen von Sozialverhalten“ vom ersten Schultag an den „lauten“ Schulen gegenüber, bei denen es kein einheitlich praktiziertes Konzept für die Verhaltenslenkung (einschließlich des „geräuschvollen“ Verhaltens) gibt.

Die im Rahmen der Studie durchgeführten bautechnischen und „pädagogischen“ Interventionsmaßnahmen zeigen die Auswirkungen sowohl der Raumakustik auf das Verhalten als auch die Bedeutung von verändertem Verhalten für die Geräuschsituation im Unterricht.

7.2 Verbesserung der Raumakustik

Die durchgeführten Sanierungsmaßnahmen der Raumakustik in drei Klassenräumen belegen die Wirkung der Verbesserung von Nachhallzeit und Sprachverständlichkeit in mehrfacher Hinsicht. Die vor der Sanierung gemessenen Nachhallzeiten in diesen Räumen erfüllten nicht einmal die Forderungen der alten DIN 18041, im sanierten Zustand dagegen entsprechen sie sogar den Bedingungen für integrative Beschulung von Kindern mit Hörstörungen. Als Folge davon wird die Sprachverständlichkeit in Form des berechneten STI nach der Sanierung in allen drei Räumen als „sehr gut“ bewertet.

Die Verbesserung der Schallabsorption im Klassenraum bedeutet physikalisch eine Reduzierung des Schallpegels um maximal 3 dB(A), die tatsächlich gemessene Reduzierung um 6 bis 8 dB(A) ist auf die Wechselwirkung zwischen Verbesserung der Sprachverständlichkeit und dem daraus resultierenden Sozialverhalten der Schüler zurückzuführen. „Wenn alles leiser ist, brauche ich auch nicht mehr so laut zu reden“, so die Aussage von Schülern. Diese Wahrnehmung wird durch die Aussage einer Lehrerin noch bestätigt, die nach dem Umzug in die sanierte Klasse sagte: „Ich habe das Gefühl vor einer neuen Klasse zu stehen“, gemeint ist nicht der Klassenraum, sondern die Schülerschaft.

Welche Bedeutung eine gute Raumakustik auf die Geräuschsituation im Unterricht hat, wird durch die Sanierungsbeispiele deutlich gemacht. In der „lauten“ Schule kommt es zu einer deutlichen Reduzierung des mittleren Schallpegels im Unterricht von ca. 6 dB(A), in der „leisen“ Schule dagegen nur ca. 3 dB(A). In beiden Schulen sinkt aber der Grundgeräuschpegel um ca. 6 dB(A), der so zu einer deutlichen Verbesserung des Signal-Stör-Abstandes beiträgt.

7.3 Pädagogische Intervention zur Lärminderung

Die Hintergrundgeräuschpegel lagen in fast allen Unterrichtsstunden deutlich bis sehr deutlich über den Werten von 30 – 40 dB(A), die für informativ-mentale Ar-

beitsleistung z.B. in Klassenräumen als empfohlene Höchstwerte genannt werden (DIN EN ISO 11690 Teil1, DIN 18041). Wobei auch hier „je leiser desto besser“ gilt. Da Unterricht für Schüler und ihre Lehrkräfte vom Anspruch her als kognitive Leistung von hoher Schwierigkeit einzustufen ist, müssen die von uns gemessenen Lärmpegel im Unterricht als in aller Regel zu hoch bezeichnet werden! Im einzelnen wurden deutliche Unterschiede zwischen Unterrichtsstunden, zwischen Schulen und nicht zuletzt sogar zwischen einzelnen Schulen mit ähnlicher Raumakustik gemessen.

7.3.1 Pädagogische Konzepte der Lärminderung

Ein gewisser Modellcharakter kommt der als „leise“ apostrophierten Grundschule III zu. Das dortige pädagogisch sehr rege und engagierte Kollegium hat unter Mitarbeit des Rektors auf eine erweiterte Aufgabestellung (Integration von Sonderschülern; Aufnahme fremdsprachiger und fremdkultureller Schüler) vorausschauend ein systematisches Verhaltenstraining mit Schulanfängerinnen und Schulanfängern entwickelt und eingeführt; das Konzept arbeitet mit visuellen und akustischen Signalen und steuernden Verhaltensritualen, die mit den Schülerinnen und Schülern eingeübt und von allen Kolleginnen und Kollegen angewandt und durchgehaltenen werden. Ein wesentlicher Teil dieser zum Schuleintritt eingeführten und immer wieder nachgeübten Regeln hat Lärminderung bzw. Lärmvermeidung zum Gegenstand.

Gleiches gilt für eine Grundschule in einem benachbarten Bundesland (Schule V), in der trotz ungünstiger raumakustischer Bedingungen in der einzigen beobachteten Klasse ein auffallend niedriger Geräuschpegel gemessen wurde. Unterrichtsbeobachtung und Nachfragen ergaben, dass in dieser Klasse ebenfalls ein systematisches Training lärmvermeidender Verhaltensweisen im Unterricht praktiziert wurde. In dieser Klasse lag der Lärmpegel so niedrig, dass im Stillen befürchtet wurde, die allein aufgrund der raumakustischen Bedingungen veranlasste schalltechnische Sanierung würde keine oder kaum noch eine relevante Veränderung der Geräuschsituation im Unterricht bewirken können. Diese Erwartung wurde widerlegt; selbst unter diesen Voraussetzungen trat durch die Sanierung eine deutlich erkennbare Verbesserung nicht nur der raumakustischen Daten, sondern auch des Unterrichtsschallpegels ein.

7.3.2 Lärminderung durch Aufklärung und optische Geräuschpegelanzeige

Ein weiterer Versuch der „pädagogischen“ Einflussnahme auf die Geräuschsituation im Unterricht wurde in zwei Klassen der 2. und 4. Jahrgangsstufe in der Grundschule II unternommen: Diese Schule fällt durch relativ hohe Geräuschpegel auf; hier wurde von einer externen Versuchleiterin in einer je fünfstündigen Unterrichtseinheit das Thema „Ohr und Hören“ behandelt. Es wurden Regeln zur Lärmvermeidung verabredet und geübt; dazu gehörte auch die angemessene Reaktion auf die Anzeige durch das als Signalgeber eingeführte SoundEar (das Gerät arbeitet nach dem Ampelprinzip mit den Signalfarben grün, gelb und rot, die in Abhängigkeit vom Schallpegel im Klassenraum umgeschaltet werden; die Umschaltsschwellen können frei gewählt werden). Am Ende jeder Stunde gab es eine Belohnung, wenn das angestrebte und vereinbarte Verhalten eingehalten wurde. Vor und nach diesem Unterrichtsversuch wurde über je eine Woche in beiden Klassen der Unterricht beobachtet und während des Unterrichts der Schallpegel fortlaufend aufgezeichnet. Das Verfahren war mit den Klassenlehrerinnen abgestimmt.

Auch dieser Interventionsversuch hatte eine lärmindernde Wirkung, die allerdings in einer der beiden Klassen sehr gering ausfiel. Das wurde auf den geringen zeitlichen Umfang der Maßnahme, auf ihr spätes Einsetzen Jahre nach dem Schulbeginn und auf die Tatsache zurückgeführt, dass die Kooperation der jeweiligen Klassenlehrerin, nicht aber die Kooperation des ganzen Kollegiums sichergestellt war.

7.4 Bedeutung der Interventionsmaßnahmen

Vier verschiedene Maßnahmen zur Lärminderung wurden mit den im Projekt verwendeten Methoden (kontinuierliche Schallpegelaufzeichnung; Unterrichtsbeobachtung) über je eine Woche vor und nach ihrer Durchführung begleitet:

- akustische Sanierung zweier Klassenräume
- langfristige pädagogische Intervention zur Lärminderung
- langfristige pädagogische Intervention plus Raumsanierung
- Aufklärung, Regeleinübung, optische Signalgebung durch das SoundEar.

Für alle vier Maßnahmen waren Lärminderungseffekte in unterschiedlichem Ausmaß nachzuweisen; das ist verständlich, da alle Maßnahmen an unterschiedlichen Stellen im Prozess der Lärmentstehung und seiner Ausbreitung angreifen:

Der wichtigste „Geräuscherzeuger“ in Bildungseinrichtungen ist die menschliche Stimme. Wenn erreicht werden kann, dass im Unterricht nur das gesprochen wird, was für den Unterricht und für seine (auch die sozialen) Begleitprozesse notwendig ist, wenn weiter erreicht wird, dass das, was gesagt werden muss, leise gesagt wird, dann nehmen Unterrichtsgeräusche an Häufigkeit und Intensität ab; es wird leiser. Hier setzen die pädagogischen (besser: sozialpädagogischen) Konzepte der beiden „leisen“ Grundschulen an: Schülerinnen und Schüler lernen, nur bei Bedarf und dann leise zu sprechen; Lehrerinnen und Lehrer reagieren darauf, weil sie so auch leiser sprechen können. In beiden Schulen wird es leiser: Die Geräuschkinderung findet bereits in der Phase der Geräuschentstehung statt. Sie wirkt sich aus, auch wenn die raumakustischen Bedingungen nicht optimal sind.

Die hauptsächlich durch Sprechen produzierten Geräusche dauern eigentlich immer nur wenige Sekunden, länger erhalten bleiben sie, wenn ihr „Nachhall“ über das notwendige Maß andauert, weil sie nicht absorbiert („geschluckt“), sondern von den Flächen und Materialien im Raum reflektiert werden: Was gesprochen wird, trifft auf die Reste dessen, was von dem zuvor Gesprochenen noch im Raum ist. Als Reaktion wird ein bisschen lauter gesprochen, und dann noch lauter... So entsteht in einem „halligen“ Raum ein höherer Schallpegel als in einem schallgedämpften. An dieser Stelle greift die „raumakustische Sanierung“ ein; sie verhindert, dass Spuren der bereits entstandenen Geräusche übermäßig lange erhalten bleiben und sich dann in der beschriebenen Weise „aufschaukeln“: ein „Nachschieben“ der Sprechlautstärke wird überflüssig. Dieser Effekt konnte in der Schule V direkt beobachtet werden: Während des Unterrichts war auf dem Flur aus allen Klassen deutlich zu hören, was

dort gerade geschah; nur der sanierte Klassenraum schien leer zu sein; von dort war trotz des laufenden Unterrichts nichts zu hören.

Wenn beide Maßnahmen aufeinander treffen, ist mit einer Verstärkung der Einzeleffekte zu rechnen. Das bestätigte sich in Schule V, die von vornherein zu den „leisen“ Grundschulen gerechnet wurde und nach der Sanierung des betroffenen Klassenraums der Geräuschpegel im Unterricht noch einmal verringert werden konnte. Unter dem „unterrichtsakustischen“ Aspekt würde man also sicherlich empfehlen müssen, beide Maßnahmen simultan anzuwenden. Denn ob die Schülerinnen und Schüler gelernt haben, leise zu sein oder nicht: Der Anstrengung durch lautes Sprechen und dem Problem der begrenzten Sprachverständlichkeit entkommen erwachsene wie auch jüngere Nutzer von Bildungseinrichtungen und die dort Beschäftigten nur durch eine Raumakustik „nach allen Regeln der Kunst“. Bessere Unterrichtsakustik trägt dazu bei, Fehler und Defizite im Lehr-Lern-Prozess zu vermeiden, sie ermöglicht

- bessere Informationsübermittlung
- geringere Störung kognitiver Prozesse
- geringere Stimmbelastung der Lehrenden
- reduzierte Ermüdung
- verbesserte Aufmerksamkeit

Die auch hieraus ableitbare Forderung muss sein, die Raumakustik bereits bei der Planung von Räumen für Bildungseinrichtungen zu beachten. Geschieht dies von Anfang an, entstehen praktisch keine Mehrkosten für eine akustisch optimale Lernumgebung; ähnlich sind die Verhältnisse bei allgemeinen Bausanierungen, höhere Kosten entstehen vor allem bei nachträglichem Einbau von Absorptionsflächen.

Die Verhaltensdispositionen, die Schüler in Schule und Unterricht einbringen, stellt eine weitere Variable in dem Prozess der Erzeugung von Lärm dar. Das lässt schon die Tatsache vermuten, dass jüngere Schülerinnen und Schüler mehr, ältere weniger Lärm produzieren. Obwohl nicht im einzelnen erfasst, fallen doch einige Charakteristika verschiedener Schulen ins Auge. Die trotz ungünstiger Raumakustik „leise“ Schule V liegt in einem gutbürgerlich/akademisch geprägten Stadtteil einer westfälischen Kleinstadt. Der Standort der „leisen“ Schule III in Bremen ist zwar durchaus

als sozial schwierig (sog. „Brennpunktschule“) zu bezeichnen, es bestehen jedoch in der Zusammensetzung der Schülerschaft wahrnehmbare Unterschiede zur „lauteren“ Schule II mit baulich und raumakustisch ganz ähnlichen Voraussetzungen. Die Messbarkeit von Schallpegeln erlaubt es zwar, laut und leise eindeutig zu benennen, doch hängt dieses Merkmal nicht nur von raumakustischen Parametern und von dem sozialpädagogischen Geschick von Lehrerinnen und Lehrern ab: Wenn Schülerinnen und Schüler aus sehr unterschiedlichen (auch unterschiedlich geräuschvoll in Erscheinung tretenden) Ethnien, Kulturen und Sprachgebieten stammen, wenn sie ethnisch definierte Gruppen bilden, die untereinander in Konkurrenz und Streit liegen, dann dürfte es schwierig sein, sie für Lärm zu interessieren und für ein lärmmindern- des Verhalten zu motivieren. Es kann sein, dass Lehrkräfte dann hauptsächlich noch Disziplinierungsleistungen erbringen können; das sollte unter solchen Umständen nicht unterschätzt werden.

7.5 Lärm und Belastung von Lehrerinnen und Lehrern

Unterricht ist eine gemeinsame Arbeitssituation von Lernenden und Lehrkräften. Hoher Grundschallpegel verlangt von den Lehrkräften mindestens eine angehobene Stimmstärke bis hin zum Schreien. Dabei geht es dann auch, aber nicht nur um Stimmbandreizungen bei Lehrkräften: Höhere Schallpegel im Unterricht signalisieren auch gestörte Kommunikation, erfordern Reaktionen zur Korrektur (Disziplinierung), lenken die Aufmerksamkeit von den eigentlichen Zielen des Unterrichts ab.

7.5.1 Lärm als Stressor

Unverhältnismäßiger und vermeidbarer Umgebungsschall ist ein Stressor, dieser Sachverhalt kann durch objektive Messung oder durch verbale Aussagen auf der Grundlage subjektiver Wahrnehmung belegt werden. Wie sich dieser Stressor auswirkt, hängt von den physikalischen Eigenschaften des Schalls (Intensität, Frequenz u.a.) und von den situativen Bedingungen ab, unter denen er auftritt. Hat er eine ausreichend hohe Intensität (Beurteilungspegel von 80 dB(A) und darüber), ist das Risiko für eine Hörschädigung nachgewiesen, doch auch bei geringer Intensität werden

auf physiologischer Ebene typische Stressreaktionen nachgewiesen, z.B. Reaktionen des Herz-Kreislauf-Systems oder des Hormonsystems.

Schwieriger einzuordnen ist der dem „Lärm mittlerer Intensität“, wie er für Bildungsinstitutionen charakteristisch ist. Eine unmittelbare Auswirkung z.B. auf Organsysteme kann in der Regel ausgeschlossen werden: dieser Lärm wirkt eher über psychische Prozesse auf Menschen ein: Er wird wahrgenommen, stört die Aufnahme und Verarbeitung „wichtigerer“, d.h. für Menschen bedeutsamer Schallereignisse, deren Verständnis er behindert (oder unmöglich macht), belästigt, belastet die Prozesse der Aufmerksamkeits-Steuerung, erschwert die Konzentration, kann Entspannung und Schlaf verhindern. Menschen, die solchen Lärm erleben in Situationen, die Konzentration und Aufmerksamkeit erfordern, fühlen sich Anforderungen, die unter anderen Bedingungen zu bewältigen wären, nicht mehr gewachsen. Sie reagieren irritiert, verärgert, gereizt. Die „Stresshormone“ (Adrenalin und Noradrenalin, Cortisol) werden verstärkt produziert; Blutdruck und Herzschlagfrequenz steigen an, das Erregungsniveau des Organismus nimmt zu. Anforderungen zu erfüllen wird schwerer und anstrengender, Ermüdungsprozesse verschärfen das Problem.

Dennoch wäre es schwierig oder unmöglich, eine „krankmachende“ Wirkung des „Lärms mittlerer Intensität“ nachzuweisen, wenn man diesen Stressor allein betrachtet. Wenn man aber berücksichtigt, dass in Bildungseinrichtungen viele andere Faktoren gleichzeitig wirksam sind (Verhaltensauffälligkeiten, Lernstörungen, fehlendes Verantwortungsgefühl, Probleme der Arbeits- und Anstrengungsbereitschaft und vieles mehr), dann trägt das Phänomen „Lärm“ gemeinsam mit solchen Ursachen zur Belastung und Beanspruchung von Lehrkräften bei, ist mitverantwortlich dafür, dass Bildungseinrichtungen ihren Auftrag nicht so erfüllen können, wie es erwartet wird, dass Lehrkräfte vorzeitig durch den Burnout-Prozess verschlissen sind und ihren Beruf aufgeben müssen.

Lärm als einer unter zahlreichen Belastungsfaktoren spielt insofern eine besondere Rolle, als er von vielen Lehrerinnen und Lehrern als Belastungsfaktor benannt wird und zugleich Verfahren bekannt sind, mit denen er erfolgreich bekämpft werden kann. Die „pädagogische“ Lärmbekämpfung ist darüber hinaus kostenlos und würde es nicht nur Lehrerinnen und Lehrern erleichtern, sich auf die wichtigeren Aspekte ih-

res Auftrages zu konzentrieren, sondern auch Schülerinnen und Schülern bessere Lernbedingungen schaffen. Hohe Schallpegel sind in Bildungseinrichtungen im Übermaß vorhanden, und sie sind vermeidbar, wie die vorliegende Untersuchung gezeigt hat. Dass erfolgreiche Sanierung der raumakustischen Situation und deren Auswirkung auf das Schülerverhalten wahrgenommen wird, belegen Kommentare von Lehrerinnen und Lehrern, die „am liebsten nur noch in den sanierten Klassen unterrichten“ würden und die – mit Blick auf die Schülerinnen und Schüler – „das Gefühl haben, vor einer neuen Klasse zu stehen“.

7.5.2 Befunde aus Einzeluntersuchungen: Lärmempfindlichkeit

Für die subjektive Bewertung der Unterrichtsgeräusche spielt eine Rolle, dass Menschen mit unterschiedlicher Empfindlichkeit auf dieses Phänomen in ihrer Lebensumwelt reagieren, und sogar wiederum unterschiedlich in verschiedenartigen Situationen. Dieses Merkmal der *Lärmempfindlichkeit* war zu erkennen an der nach jeder beobachteten Unterrichtsstunde von den beteiligten Lehrkräften erbetenen Bewertung der Lautstärke der Unterrichtsgeräusche und der durch sie ausgelösten Störung des Unterrichts. Die Bewertung stand in keinem direkt proportionalen Zusammenhang mit der physikalischen Lautstärke; hauptsächlich, weil die Toleranz gegenüber Lärm mit fortschreitender Dauer des Unterrichtstages abnahm; dafür wird fortschreitende Ermüdung als Ursache diskutiert. Aufschluss darüber könnten nur gezielte Untersuchungen geben.

7.5.3 Lärmempfindlichkeit

Ein unmittelbarer Zusammenhang zwischen dem im Unterricht gemessenen Schallpegel und der von den Lehrerinnen und Lehrern angegebenen Bewertung von Lautheit und Störung durch den absoluten Geräuschpegel konnte zwar so nicht aufgezeigt werden, dafür aber eine sich im Laufe eines Schultages verändernde Lärmempfindlichkeit. Die Toleranz gegenüber Lärm nimmt über die Unterrichtsstunden hin ab. Ob dies eine Folge der andauernden Belastung als Ermüdungsindikator zu

betrachten ist, konnte nicht geklärt werden, hier könnte eine gezielte Intervention über eine neue Arbeitszeit-Pausen-Struktur Aufschluss geben.

Die über den LEF-Fragebogen festgestellte Lärmempfindlichkeit liegt bei den Lehrerinnen ein wenig höher als bei Lehrern und bei Lehrkräften insgesamt höher als bei einer studentischen Vergleichsgruppe. Ob dies allein auf den Altersunterschied zurückzuführen ist oder auch auf die Tatsache, dass Lehrerinnen und Lehrer über Jahre und z.T. Jahrzehnte ihres Arbeitslebens durch „Schullärm“ behindert und belästigt worden sind, ist hier nur spekulativ zu beantworten; immerhin haben fast $\frac{3}{4}$ der ca. 1100 Lehrerinnen und Lehrer in einer Umfrage angegeben, dass sie sich gegenwärtig (zum Zeitpunkt der Umfrage im Jahr 2001) durch Schullärm stärker belastet fühlten als zu Beginn ihrer beruflichen Laufbahn.

7.5.4 Lärm und Hörfähigkeit

Die in den Einzeluntersuchungen erhobenen Befunde zur Einschränkung der Hörfähigkeit bzw. von Ohrgeräuschen wurden verglichen mit den im Unterricht der betreffenden Personen gemessenen Schallpegeln. Dem lag die Vermutung zugrunde, dass Lehrkräfte mit eingeschränkter Hörfähigkeit dazu neigten, höhere Schallpegel zu tolerieren als normal hörende, um Kommunikation und Sprachverständnis zu verbessern. Es konnte tatsächlich zwischen „lauterem“ und „leiserem Unterricht“ unterschieden werden, aber zum individuellen Hörvermögen stand das in keinem erkennbaren Zusammenhang (zwei Lehrkräfte mit größeren Einschränkungen der Hörfähigkeit als bei den meisten anderen Kolleginnen und Kollegen zeigten sich allerdings besonders positiv beeindruckt von den Auswirkungen der Klassenraumsanierung in ihrer Schule, in denen sie seitdem bevorzugt arbeiten). Andere Faktoren als die Hörfähigkeit sind aber offenbar für die Intensität des Unterrichtslärms ausschlaggebend. Möglicherweise ist das eine Frage des persönlichen „pädagogischen Stiles“; in diesem Zusammenhang ist nochmals auf die deutlichen Unterschiede zwischen den Schulen und deren spezifische, pädagogische Konzepte hinzuweisen.

Anzumerken wäre allerdings ebenfalls, dass in diesem Zusammenhang zwei andere Aspekte eine Rolle spielen: Die Überprüfungen des Stimmapparates mit Hilfe des

„Heiserkeitsdiagramms“ hat nicht die befürchtete Häufung pathologischer Abweichungen ergeben; unter dem Gesichtspunkt der Lärmbelastung im Lehrberuf muss es aber als Versäumnis betrachtet werden, dass eine obligatorische Stimm- schulung, die früher in vielen Einrichtungen der Lehrerbildung (Pädagogischen Hochschulen) üblich war, entfallen ist. Vielen Lehrkräften würde professionelle Stimmbildung ihre Arbeit spürbar erleichtern. Der zweite Aspekt betrifft den Umstand, dass die „verbal-auditive“ Kommunikation für Menschen mit eingeschränktem Hörvermögen schwieriger und anstrengender ist als für Normalhörende. Weil auch in dieser Beziehung die Möglichkeiten der Abhilfe gut bekannt sind und einem ständigen Verbesserungsprozess unterliegen, könnten sich für viele Lehrerinnen und Lehrer Hörhilfen sehr günstig auswirken. Dazu müssten sie allerdings über die Funktionsfähigkeit ihres Gehörs informiert sein, sich also einer Vorsorgeuntersuchung einschließlich Audiometrie bei einer HNO-Ärztin bzw. einem HNO-Arzt unterziehe, spätestens in der 2. Hälfte des 5. Lebensjahrzehnts. Bei den in besonderer Weise betroffenen Tinnitus-Patienten ist eine ohrenärztliche Überwachung in der Regel ohnehin gewährleistet.

7.6 Einrichtungen der Erwachsenenbildung

Wenn von Einrichtungen der Erwachsenenbildung die Rede ist, dann bezieht sich das meist auf Volkshochschulen, Akademien, Fachhochschulen, Universitäten, Einrichtungen der politischen oder beruflichen Fort- und Weiterbildung u.s.w. Vieles haben derartige Einrichtungen mit Schulen gemeinsam: Es gibt Lehrkräfte (Professoren, Dozenten, Trainer, Lehrmeister oder einfach: qualifizierte Fachleute), die auf dem Gebiet, auf dem die Einrichtung tätig ist, besondere Fähigkeiten haben, und es gibt Lernende (Studierende, Schüler, Auszubildende u.s.w.), die auf diesem Gebiet Qualifikationen erwerben wollen.

Auch in solchen Einrichtungen spielt Sprechen und Verstehen von Sprache eine zentrale Rolle als Medium des Lehr-Lern-Prozesses. Insofern sind dort die Ansprüche an die ergonomischen (und darunter auch die akustischen) Merkmale der Lehr-Lern-Umgebung ähnlich wie in Schulen. Vielleicht sind die Ansprüche an Nachhallzeiten und Sprachverständlichkeit etwas weniger streng, weil das erwachsene Ge-

hirn über zahlreiche Routinen zur Ergänzung sprachlicher Verständnislücken verfügt; weil Erwachsene eigene Defizite in Lernprozessen kennen und damit umzugehen gelernt haben, weil sie über Erfahrungen in Herstellung von Konzentration und Aufmerksamkeit verfügen.

Die Lernschritte in der Schule sind vor allem im jüngeren Alter kleiner und elementarer, aber für Kinder kommen sie oft an die Grenze der Verständnis- und Leistungsfähigkeit heran und überschreiten sie gelegentlich; gemessen am „kognitiven Entwicklungsalter“ sind die kognitiven Anforderungen an Schulkinder und auch noch an Jugendliche in ihren altersentsprechenden Schulstufen sehr hoch, oft extrem hoch. Unter diesen Umständen müssen auch die Anforderungen an die Lernbedingungen sehr hoch sein: Erwachsene können auch improvisieren, Kinder und Jugendliche um so weniger, je jünger sie sind. Und: In Schulen (mit der herkömmlichen Konzeption) werden die Gegenstände des Lernens vorgeschrieben, nicht frei gewählt. Kinder und Jugendliche sind zum Lernen (intrinsisch) motiviert durch Neugier, durch emotional und intellektuell erwecktes Interesse; sie werden (extrinsisch) motiviert durch Druck und Zwang, durch Belohnung und durch das Versprechen von Belohnung.

Erwachsene befinden sich in institutionalisierten Bildungsprozessen in einer grundsätzlich anderen Situation als Kinder und Jugendliche: Oft haben sie sich den Gegenstand (das Thema, das Ziel) eines Bildungsprozesses aus vielen Alternativen selbst gewählt. Sie sind (intrinsisch) motiviert durch ihre Lebensplanung, durch Ziele, die sie mit einem erfolgreichen Bildungsschritt anstreben, und durch Einsicht, die sie sich in den Zusammenhang zwischen Bildungsprozessen und Lebenskompetenz verschafft haben. Dies gilt in idealer Weise jedoch nur in einer „heilen“ Welt, in der Menschen die Wahl aus einem großen Angebot alternativer Möglichkeiten haben und setzt Kreativität, Anstrengungsbereitschaft, Verantwortungsgefühl und Kooperationsfähigkeit voraus (die manchen Erwachsenen fehlen).

In beiden Fällen ist Lärm ein typischer Faktor, der Lernprozesse behindern kann. Viele Erwachsene wissen das und versuchen, sich in Lernsituationen eine lärmfreie Umgebung zu schaffen. Kinder müssen diesen Zusammenhang erst lernen, und da sie es (als Gruppe) oft selbst sind, die den Lärm aus den bereits angesprochenen Gründen erzeugen, müssen sie ebenfalls lernen, sich geräuscharm zu verhalten.

Wenn dieser Prozess nicht von Erwachsenen stimuliert und eingeleitet wird, kann es viele Jahre dauern (Jahre des weniger effektiven Lernens). Selbst viele Studierende im jüngeren Erwachsenenalter müssen noch lernen, dass die Dozentin oder der Dozent erst sprechen kann, wenn sie selbst zu sprechen aufhören.

Man könnte die ergonomischen Probleme bei „informativischen“ oder „geistigen“ Arbeitstätigkeiten auch an anderen Beispielen als am Problem des Lärms darstellen. Über den Lärm in Bildungseinrichtungen wird vielfach und in unserer immer lauter werdenden Welt zunehmend geklagt. Über miserables Schulgestühl (im Vergleich zu den ergonomisch optimierten, vielfach verstellbaren, gasdruckgefederten Arbeitsstühlen an Schreibtisch- und Computer-Arbeitsplätzen für Erwachsene), über kaum belüftbare Klassenräume im Vergleich zu optimal klimatisierten Büros wird wesentlich weniger geredet oder geschrieben. Die Ergonomie von Bildungseinrichtungen, die im 19. Jahrhundert unter dem Begriff „Schulhygiene“ ein wichtiges, wissenschaftlich bearbeitetes Thema war, ist (mit vielen ihrer nach wie vor gültigen Ergebnisse und Erkenntnisse) in Vergessenheit geraten.

8 Literatur

Acoustical Society of America (Hrsg.): Classroom Acoustics. A resource of creating learning environments with desirable listening conditions. Melville (NY): 2000

Bradley, J. S.: Speech intelligibility studies in classrooms. J. Acoust. Soc. Am. 80 (1996), 846-854

Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) (Hrsg.): Lärm am Arbeitsplatz und Herz – Kreislauf – Erkrankungen. Tagungsbericht. Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW 1996

Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung (BZgA) (Hrsg.): Lärm und Gesundheit – Materialien für die Grundschule. Köln: Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung 2001

Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung (BZgA) (Hrsg.): Lärm und Gesundheit – Materialien für 5. – 10. Klassen. Köln: Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung

Burgerstein, L.; Netolitzky (Hrsg.): Handbuch der Schulhygiene. Jena: Gustav Fischer 1902

DIN EN ISO 11690, Teil 1: Akustik – Richtlinien für die Gestaltung lärmarmen maschinenbestückter Arbeitsstätten; Teil 1: Allgemeine Grundlagen; Berlin, Beuth Verlag, 1997

DIN 18041: Hörsamkeit in kleinen bis mittelgroßen Räumen; Berlin: Beuth Verlag 1968

DIN 18041: Neufassung, Vorabdruck einiger quantitativer Angaben; Fa. Saint Gobain/Ecophon 2004

Edwards, C.: Poor acoustic conditions in classrooms. Schulforum. Schweiz: 1999

EN 13501-1: Europäischer Nachfolgestandard der bisherigen nationalen Baustoffklassifizierung nach DIN 4102

Hoffmann, H.; v. Lüpke, A; Maue, J.H. (Verf.): Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitssicherheit – BIA (Hrsg.): 0 Dezibel + 0 Dezibel = 3 Dezibel. Einführung in die Grundbegriffe und die quantitative Erfassung des Lärms. 7. Aufl. Berlin: Erich Schmidt Verlag 1999

Houtgast, T.; Steeneken, H. J. M.: A review of the MTF concept in room acoustics and its use for estimating speech intelligibility in auditoria. J. Acoust. Soc. Am. 77 (1985), 1069-1077

Huber, L.; Kahlert, J.; Klatte, M. (Hrsg.): Die akustisch gestaltete Schule – Auf der Suche nach dem guten Ton. Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht 2002

Ising, H., und B. Kruppa (Hrsg.): Lärm und Krankheit – Noise and Disease. Stuttgart/New York: Gustav Fischer 1993

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

Lehnhardt, E.: Sprachaudiometrie, in: Lehnhardt, E. und Laszig, R. (Hrsg.): Praxis der Audiometrie, 8. Auflage, Stuttgart, New York: Thieme 2001

Michaelis, D.: Das Göttinger Heiserkeits – Diagramm. Entwicklung und Prüfung eines akustischen Verfahrens zur objektiven Stimmgütebeurteilung pathologischer Stimmen. Diss., Georg-August-Universität zu Göttingen 1999

Müller-BBM – Bericht 47 979/2: Lärm in der Schule – Verfahrensanweisung zur Messung raumakustischer Eigenschaften von Klassenräumen. München: 2001

Müller – Limmroth, W.: Arbeitsbelastung im Lehrerberuf. eine arbeitsphysiologische Bewertung der Belastung der Pädagogen unter Berücksichtigung der Lehrerarbeitszeit. Frankfurt: GEW, Im Brennpunkt 1980

NA Bau AA: N 0046. Manuskript, April 2003 zu DIN 18032-1

Nilsson, E.; Hammer, P.: Subjective evaluation of speech intelligibility for normal hearing persons and for persons with simulated minimal degrees of hearing – loss. Lund 1995

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

Ritterstaedt, U.; Paulsen, R.; Kaska, J.: Geräuschsituation in und um Schulen unter Berücksichtigung der Belastung der Lehrer durch Lärm. Opladen: Westdeutscher Verlag 1980

Schick, A.; Klatte M.; Meis M.: Die Lärmbelastung von Lehrern und Schülern – ein Forschungsstandsbericht. Z. f. Lärmbekämpfung 46 (1999), 77 – 87

Schick, A.; Klatte, M.; Meis, M.; Nocke, Chr. (Hrsg.): Hören in Schulen. Ergebnisse des 9. Oldenburger Symposiums zur psychologischen Akustik. Oldenburg: Bibliotheks- und Informationssystem der Universität Oldenburg 2003

Schönwälder, H.-G.; Berndt, J.; Ströver, F.; Tiesler, G. (Verf.); Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) (Hrsg.): Belastung und Beanspruchung von Lehrerinnen und Lehrern. In: Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin Berlin: Wirtschaftsverlag NW 2003

Sust, Ch. A.: Geräusche mittlerer Intensität – Bestandsaufnahme ihrer Auswirkungen. In: Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin; Bremerhaven: NW-Verlag 1987

Sust, Ch. A., Lazarus, H.: Auswirkungen von Geräuschen mittlerer Intensität in Schule, Aus- und Weiterbildung (Hrsg.): Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin; Arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse 103. Dortmund: NW-Verlag 1997

Torkel, A. (Verf.): Lehrerarbeit, berufliche Belastung und gesundheitliche Folgen. In GEW (Hrsg.): Arbeitszeit und Arbeitsbelastung der Lehrer. Bericht über eine Tagung in Schmittgen/TS 27.-28. Oktober 1982

Unfallverhütungsvorschrift (UVV) Lärm der Gesetzlichen Unfallversicherung (GUV-V B 3) (v. Nov. 1989 in der Fassung v. Jan. 1997); Köln: Heymanns-Verlag 1997

VDI 2058: Beurteilung von Lärm am Arbeitsplatz unter Berücksichtigung unterschiedlicher Tätigkeiten. Blatt 3, Abschn. 5-5.1: Tätigkeiten an Arbeitsplätzen mit Beurteilungspegeln kleiner/gleich 55 dB(A). Düsseldorf: VDI-Verlag 1981

Zimmer, K.; Ellermeier, W.: Konstruktion und Evaluation eines Fragebogens zur Erfassung der individuellen Lärmempfindlichkeit (LEF). Regensburg: Institut der Psychologie der Universität Regensburg 1997

9	Verzeichnis der Abbildungen	Seite
Abb. 3.1	Vermessung der Raumakustik im besetzten Klassenraum	21
Abb. 4.1	Schule III, Ganztagesprofil des Schallpegels in einer 1.Klasse	40
Abb. 4.2	Schule III, 4.U.-Std. aus dem vorherigen Tagesprofil, Deutsch	42
Abb. 4.3	Schule III, 5.U.-Std. aus dem vorherigen Tagesprofil, Förderunterricht	42
Abb. 4.4	Mittlere Schallpegel in allen beobachteten Unterrichtsstunden	44
Abb. 4.5	Kumulierte Häufigkeiten der Schallpegel der Grundschule	45
Abb. 4.6	Kumulierte Häufigkeiten der Schallpegel der Orientierungsstufe	46
Abb. 4.7	Kumulierte Häufigkeiten der Schallpegel der Sekundarstufe I	47
Abb. 4.8	Schallpegelwerte in fünf 2.Klassen aus 4 Grundschulen	48
Abb. 4.9	Kumulierte Häufigkeiten der Schallpegel in 3. Klassen aus zwei Grundschulen	49
Abb. 4.10	Schallpegelwerte in vier 4.Klassen aus 3 Grundschulen	49
Abb. 4.11	Kumulative Häufigkeiten der Schallpegel in Unterrichtsstd. der 7. Klassen	51
Abb. 4.12	Kumulative Häufigkeiten der Schallpegel in Unterrichtsstd. der 8. Klassen	51
Abb. 4.13	Kumulative Häufigkeiten der Schallpegel in Unterrichtsstd. der 9. Klassen	52
Abb. 4.14	Kumulative Häufigkeiten der Schallpegel in Unterrichtsstd. der 10. Klassen	52
Abb. 4.15	Häufigkeit gar nicht oder nur teilweise unterrichts- bezogener Ereignisse	54
Abb. 4.16	Kumulative Häufigkeit der Schallpegel in Unterrichtstd. mit selteneren oder häufigeren Störungsfällen	55
Abb. 4.17	Kumulierte Häufigkeiten der Grundgeräuschpegel in Abhängigkeit von der Häufigkeit von Störungsfällen	56
Abb. 4.18	Verteilung d. Sozialformen d. Unterrichts für alle Unterrichtsstd.	58
Abb. 4.19	Verteilung der Sozialformen des Unterrichts in den verschiedenen Schulstufen	58
Abb. 4.20	Zeitanteile des Frontalunterrichts, sortiert nach Klassenstufen	59
Abb. 4.21	Anteil Einzelarbeit über alle Schulen je Jahrgangsstufe	59

Abb. 4.22	Schallpegel in Unterrichtsstunden mit hohem oder niedrigem Zeit-Anteil von Frontalunterricht	61
Abb. 5.1	Anordnungsschema von Absorbern und Reflektor	65
Abb. 5.2	Konstruktionsmerkmale der Akustikdecke	67
Abb. 5.3	Konstruktionsmerkmale der Akustikdecke (Bassabsorber)	68
Abb. 5.4	Konstruktionsmerkmale des Wandpaneels	68
Abb. 5.5	Nachhallzeiten vor und nach Sanierung. Raum A	69
Abb. 5.6	Nachhallzeiten vor und nach Sanierung. Raum B	70
Abb. 5.7	Sprachverständlichkeit vor und nach Sanierung	70
Abb. 5.8	Unterrichtsschallpegel in Klasse A vor und nach Sanierung	71
Abb. 5.9	Unterrichtsschallpegel in Klasse B vor und nach Sanierung	72
Abb. 5.10	Histogramm der LAeq1sec Daten während einer U.-Std. vor und nach der Sanierung	72
Abb. 5.11	10sec-Minimalwerte vor und nach Sanierung für Kl. A und B	73
Abb. 5.12	Nachhallzeiten vor und nach Sanierung: Klasse C	74
Abb. 5.13	Sprachverständlichkeit vor und nach Sanierung; Klasse C	75
Abb. 5.14	Unterrichtsschallpegel vor und nach Sanierung in Klasse C	75
Abb. 5.15	10sec-Minimalwerte vor und nach Sanierung für Kl. C	76
Abb. 5.16	Unterrichtsschallpegel vor und nach dem Interventionsprojekt (2.Jahrgang)	81
Abb. 5.17	Unterrichtsschallpegel vor und nach dem Interventionsprojekt (4. Jahrgang)	82
Abb. 5.18	10-sec-Minimalwerte vor und nach der Intervention	82
Abb. 6.1	Befundbogen über die Ergebnisse der Tonaudiometrie und der Sprachaudiometrie	90
Abb. 6.2	Hörschwellenmittelwerte von Lehrerinnen mit/ohne Tinnitus	95
Abb. 6.3	Hörschwellenmittelwerte von Lehrern mit/ohne Tinnitus	95
Abb. 6.4	Lärmempfindlichkeit bei LehrerInnen und StudentInnen	98
Abb. 6.5	Kumulierte Häufigkeiten der Lautheitsbewertungen von Unterrichtsst. in Abh. von der Position der Std. am Schultag	99
Abb. 6.6	Kumulierte Häufigkeiten der momentanen Lärmempfindlichkeit abhängig von der Reihenfolge der Unterrichtsstunden	100
Abb. 6.7	Kumulierte Häufigkeiten der Lautheits-Bewertungen in Abh. von der mittleren Schallintensität der U-Std.	100

Abb. 6.8	Die Daten aus Tab. 6.10 wurden grafisch dargestellt	101
Abb. 6.9	Kumulierte Häufigkeiten des Ausmaßes der Störung durch Unterrichtsgeräusche	109
Abb. 6.10	Versuchsablauf Reaktion auf Schulgeräusche	105
Abb. 6.11	Herzfrequenz-Reaktion auf Schulgeräusche unterschiedl. Intensität	106
Abb. 6.12	Einschätzung der Lautstärke von Testgeräuschen	107
Abb. 6.13	Einschätzung des Grades an Belästigung durch Testgeräusche	107
Abb. 6.14	Versuchsablauf im Versuch „Hörgewohnheiten“	108
Abb. 6.15	Versuchsbeispiel „Hörgewohnheiten“	109
Abb. 6.16	Versuch „Hörgewohnheiten“	110
Abb. 6.17	HörpegelEinstellung durch Lehrer	111
Abb. 6.18	HörpegelEinstellungen durch Lehrerinnen	111
Abb. 6.19	Protokollbeispiel aus dem Versuch zur Sprechlautstärke	112
Abb. 6.20	Sprechlautstärke von Lehrerinnen und Lehrern	113
Abb. 6.21	Heiserkeitsdiagramm von 45 Lehrerinnen und 10 Lehrern	114

10 Verzeichnis der Tabellen

Tab. 3.1	Empfohlene Nachhallzeiten nach DIN 18041	20
Tab. 3.2	STI – Werte und Sprachverständlichkeit	20
Tab. 3.3	Schallpegelparameter bei Schallpegel – Messungen	23
Tab. 3.4	Übersicht über Untersuchungen im Unterricht	24
Tab. 3.5	Kategorienschema für die Übersetzung des Beobachtungsprotokolls	26
Tab. 4.1	Schule I	28
Tab. 4.2	Schule II	29
Tab. 4.3	Schule III	30
Tab. 4.4	Schule IV	31
Tab. 4.5	Schule V	32
Tab. 4.6	Raumakustische Merkmale von Klassenräumen in Schule I	33
Tab. 4.7	Raumakustische Merkmale von 2 Klassenräumen in Schule II	34
Tab. 4.8	Raumakustische Merkmale von Klassenräumen in Schule III	35
Tab. 4.9	Raumakustische Merkmale von Klassenräumen in Schule IV	36
Tab. 4.10	Akustische Merkmale von Klassenräumen in Schule V (vor Sanierung)	37
Tab. 4.11	Raumakustische Merkmale einiger Sonderräume für Fachunterricht	37
Tab. 4.12	Raumakustische Merkmale der Sporthallen in den Schulen I – IV	38
Tab. 4.13	Schallpegelverteilungen in den beobachteten Unterrichtsstunden	41
Tab. 6.1	Stichprobe der Lehrerinnen und Lehrer in Einzeluntersuchungen	87
Tab. 6.2	Angaben zur Gehör-Anamnese	89
Tab. 6.3	Otoskopische Befunde bei Lehrerinnen und Lehrern	89
Tab. 6.4	Zusammengefasste Ergebnisse der audiometrischen Untersuchung (Rechtes Ohr; Tonaudiometrie, Luftleitung)	91
Tab. 6.5	Zusammengefasste Ergebnisse der audiometrischen Untersuchung (Linkes Ohr; Tonaudiometrie, Luftleitung)	92
Tab. 6.6	Ergebnisse der Sprachaudiometrie bei Lehrerinnen	93
Tab. 6.7	Ergebnisse der Sprachaudiometrie bei Lehrern	94
Tab. 6.8	Lärmempfindlichkeit von 79 Lehrerinnen und Lehrern	97
Tab. 6.9	Lärmempfindlichkeit von 261 Studentinnen und Studenten	97
Tab. 6.10	Subjektiv empfundene Lautheit und Schallpegel in 15 Unterrichtsstunden in einer Schulklasse	101

11 Anhang

Protokollvordrucke

- Tagesprotokoll
- Rahmenprotokoll für die Unterrichtsbeobachtung (Beobachter)
- Rahmenprotokoll für die Unterrichtsbeobachtung (Lehrer/Lehrerin)
- Ereignisprotokoll
- Manuelles Unterrichts-Protokoll (Bei Ausfall des PC)
- Protokoll für die Messpositionen der Raumakustik
- Protokoll für Raumbeschreibung
- Anamnesebogen 'Gehör'

Tagesprotokoll

Schule	
Klasse	
U.-Tag	
Beobachterin	
Beobachterin	
Beobachterin	
Beobachterin	
Beobachterin	

Geräteeinsatz:

- | | | |
|--|----------------------------------|----------------------------------|
| <input type="checkbox"/> SP 1 | <input type="checkbox"/> Polar 1 | <input type="checkbox"/> Polar 7 |
| <input type="checkbox"/> SP 2 | <input type="checkbox"/> Polar 2 | <input type="checkbox"/> Polar 8 |
| <input type="checkbox"/> Dosimeter | <input type="checkbox"/> Polar 3 | <input type="checkbox"/> Polar 9 |
| <input type="checkbox"/> Notebook "T" | <input type="checkbox"/> Polar 4 | <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> Notebook "t5" | <input type="checkbox"/> Polar 5 | <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> Notebook "t5"FD | <input type="checkbox"/> Polar 6 | <input type="checkbox"/> |

Aufgetretene Fehler/Störungen:

Anmerkungen:

Rahmenprotokoll für die Unterrichtsbeobachtung (B)

Schule			
Klasse			
U.-Tag			
U.-Std.		regulär	Vertret.
U.-Fach			
LehrerIn			
Schülerzahl	Mädchen:	Jungen:	
Beobachterin			

Sitzordnung:

- Tischreihen
 Tischgruppen
 Tische in U-Form
 Andere Anordnung
 Änderung

Anmerkungen:

Rahmenprotokoll für die Unterrichtsbeobachtung (L)

Schule			
Klasse			
U.-Tag			
U.-Std.		regulär	Vertret.
U.-Fach			
LehrerIn			

Bitte geben Sie eine Einschätzung der zurückliegenden Unterrichtsstunde ab:

1. Wie laut empfanden Sie die Unterrichtsstunde?

- | | | | | | | |
|----------------------|--------------------|------------|-------------|-----------|-------------------|-----------------------|
| ①
extrem
leise | ②
sehr
leise | ③
leise | ④
mittel | ⑤
laut | ⑥
sehr
laut | ⑦
schmerz-
haft |
|----------------------|--------------------|------------|-------------|-----------|-------------------|-----------------------|

2. Wie sehr fühlen Sie sich durch den Geräuschpegel gestört?

- | | | | | |
|--------------|------------|------------------|------------|-------------------------|
| ①
äußerst | ②
stark | ③
mittelmäßig | ④
etwas | ⑤
überhaupt
nicht |
|--------------|------------|------------------|------------|-------------------------|

Anmerkungen:

--

Ereignis-Protokoll

Datum	
Klasse	
U.-Std.	
Lehrerin	
Datei	.AP1
Protokoll	

Nr	Code	Zeit	Text
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			

Manuelles Unterrichts-Protokoll (bei Ausfall des PC)

Klasse:	
U.-Tag:	
U.-Std:	1

Startzeit:	
Blatt:	1

OR	LR		SR		Sozialform		Zeit	Protokol I			
	L>S	L>K	S>S	S>K	F	G			P	E	S
										8:10:00	
										8:10:15	
										8:10:30	
										8:10:45	
										8:11:00	
										8:11:15	
										8:11:30	
										8:11:45	
										8:12:00	
										8:12:15	
										8:12:30	
										8:12:45	
										8:13:00	
										8:13:15	
										8:13:30	
										8:13:45	
										8:14:00	
										8:14:15	

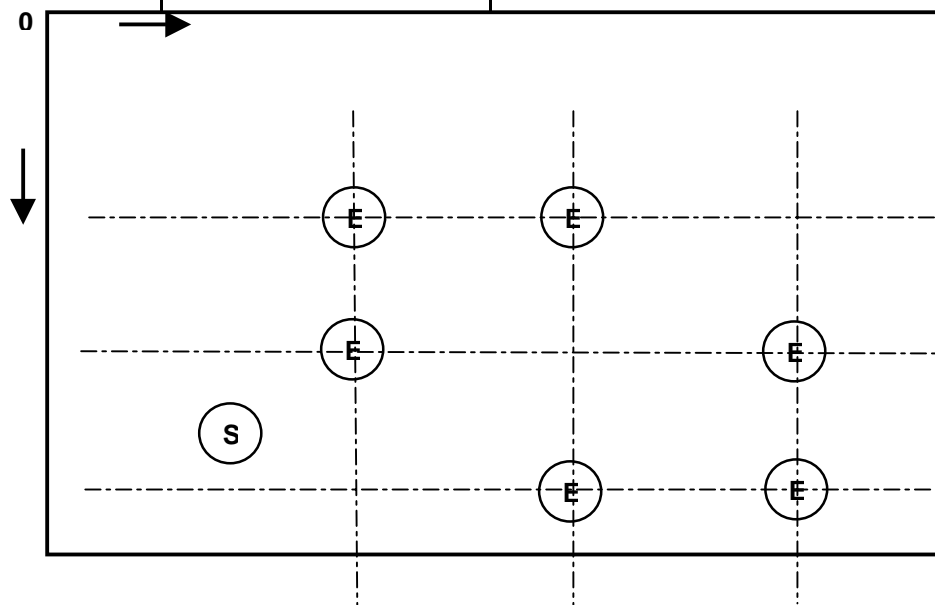
(Protokolle waren für alle U.-Std. vorbereitet)

Protokoll für die Messpositionen der Raumakustik

Raumbezeichnung:

Datum

Positionen	X	Y
Raumlänge / -tiefe	<input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/>	
Lautsprecher	<input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/>	
Mikro 1	<input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/>	
Mikro 2	<input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/>	
Mikro 3	<input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/>	
Mikro 4	<input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/>	
Mikro 5	<input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/>	
Mikro 6	<input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/>	



Temperatur

Luftfeuchtigkeit

Projekt:		"Lärm in Bildungsstätten"	
Schule:		Grundschule "xy"	
Anschrift:		Raum Nr.	
Bremen		Raumart:	
Grundfläche:	L=	A=	
	B=		
Volumen:	H=	V=	
Normalbesetzung mit		Personen	
Spezifische Grundfläche:		m ² /Person	
Spezifisches Volumen:		m ³ /Person	

Tafelwand			Anmerkungen/Besonderheiten
Fläche in m ²		Beton	
		Mauerwerk	
		Putz	
		Gipskarton	
		Fensterfläche	
		Sonstige	

Rückwand			Anmerkungen/Besonderheiten
Fläche in m ²		Beton	
		Mauerwerk	
		Putz	
		Gipskarton	
		Fensterfläche	
		Sonstige	

Flurwand			Anmerkungen/Besonderheiten
Fläche in m ²		Beton	
		Mauerwerk	
		Putz	
		Gipskarton	
		Fensterfläche	
		Sonstige	
Türöffnung			

Fensterwand			Anmerkungen/Besonderheiten
Fläche in m ²		Beton	
		Mauerwerk	
		Putz	
		Gipskarton	
		Fensterfläche	
		Sonstige	
		Vorhänge?	
Fußboden			Anmerkungen/Besonderheiten

Anamnese (Gehör)

Kennziffer:		Rechtes Ohr	Linkes Ohr
	Haben Sie das Gefühl, schlecht zu hören?		
	Ist Ihnen ein Gehörschaden bekannt?		
	Haben Sie Ohrgeräusche (Tinnitus)?		
	Hatten Sie einen Hörsturz?		
	Hatten Sie schon eine Mittelohrentzündung?		
	Ist Ihnen ein Trommeldefekt bekannt?		
	Hatten Sie schon eine Operation am Ohr oder Innenohr?		
	Wurde Ihnen schon der Gehörgang gespült?		
	Haben Sie jemals ein Knalltrauma erlitten, z. B. durch Feuerwerkskörper?		
	Trommelfelle einsehbar?		
	Trommelfell defekt?		
	Cerumen?		

12 Nachwort

Dieses Projekt hätte nicht realisiert werden können ohne unsere studentischen Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter Ines Borchert, Ulf Groth, Katayoon Hamzavi-Abedi, Felicitas Kubis und Hanka Schulz, die sich in Konzept und Methoden des Forschungsvorhabens gründlich eingearbeitet und große Anteile der Feldforschungsaufgaben (Unterrichtsbeobachtung, Überwachung der Schallpegel-Messungen, Datenorganisation und Datenauswertung) übernommen haben; sie haben einige Jahre lang ihre Zeit und vor allem auch ihre gesamte Freizeit investiert und daneben noch ihr Studium der Psychologie erfolgreich weitergeführt. Sie waren zuverlässige und kreative Mitglieder des Teams und haben die Forschungsarbeiten effizient gestützt und vorangetrieben. Wir sind ihnen zu großem Dank verpflichtet.

Einen besonderen Dank auch an unsere Kooperationspartner im Projekt, die uns durch viele Diskussionen immer wieder geholfen haben das Projekt voran zu bringen. Im Bereich der Raumakustik und Schallpegelmessung waren dies Herr Dr. Eckard Mommertz und Herr Andreas Greiner vom Ingenieurbüro Müller BBM in München. Bei der Psychoakustik waren dies Herr Prof. Dr. August Schick, Frau Dr. Maria Klatte und Herr Dr. Markus Meis von der Universität Oldenburg. Eine gezielte Verbesserung der Arbeitsbedingung in den Schulen ist letztendlich nur durch die Unterstützung von Herrn Peter Kamps und Herrn Markus Oberdörster von der Fa. Ecophon in Lübeck möglich gewesen. Ein besonderer Kooperationspartner war für uns die Gruppe 2.6 „Emission von Maschinen, Lärm“ der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, die durch regelmäßigen Informationsaustausch das laufende Projekt aktiv begleitet und unterstützt hat.

Einen großen Dank auch an den Bremer Fachdienst für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin und dessen Leiter, Herrn Gronau, der uns mit dem Fachwissen und der Technik seines Hauses unterstützt hat.

Einen besonderen Dank auch an Herrn Rosendahl von der Fa. dynamic Protection in Duisburg, sowie an Herrn Keibel von der Fa. Keibel Hörgeräte in Bremen, die uns für die Durchführung der „pädagogischen Intervention“ (Lärminderung durch ein Lern-

projekt im Fach Sachkunde) jeweils ein Gerät „SoundEar“TM zur Verfügung gestellt haben.

Last but not least haben wir uns auch bei den Kollegien der beteiligten Schulen zu bedanken, die mit Interesse und Geduld die wochenlange Anwesenheit der Beobachtungs- und Mess-Teams hingenommen haben.