

Akustische Anforderungen an Klassenräume und neue Lernformen*

Kurt Eggenschwiler¹, Markus Cslovjcek²

¹ *Abteilung Akustik, Empa, 8600 Dübendorf, Schweiz, Email: kurt.eggenschwiler@empa.ch*

² *Pädagogische Hochschule, Fachhochschule Nordwestschweiz FHNW, CH-5000 Aarau, Schweiz, Email: markus.cslovjcek@fhnw.ch*

1 Bedeutung des Hörens im Unterricht

Hören hat seit jeher im Unterricht eine wichtige Bedeutung: neben der zentralen mündlich-verbale Kommunikation in allen Fächern sind insbesondere im Sprach- und Musikunterricht fachimmanente Fragestellungen auf das Hören-Können und das Hören-Wollen der am Unterricht beteiligten Personen angewiesen. Von der Fähigkeit zum Zuhören hängt aber auch die Gestaltung von sozialen Beziehungen ab und sie spielt eine wesentliche Rolle beim Erwerb sozialer Kompetenzen. Zuhören beeinflusst offenbar nicht nur den beruflichen Erfolg, sondern wirkt sich auch auf das persönliche Lebensglück eines Menschen im privaten Umfeld aus. Gleichwohl wird der Zuhörfähigkeit im öffentlichen Bewusstsein bisher (noch) so gut wie keine Beachtung geschenkt. In den Schulen wird sie zunehmend als Schlüsselkompetenz erkannt.

Zuhören ist eine Grundlage der menschlichen Kommunikation und gleichzeitig eine Kunst: Man muss genau hinhören, um Zwischentöne wahrnehmen und Gehörtes verstehen zu können. Doch der Segen ist auch ein Fluch: Ohren kann man im Gegensatz zu Augen nicht verschliessen. Bewusstes "Weghören" ist daher in einer immer lauter werdenden Umwelt lebenswichtig geworden. Damit einem dabei wichtige Informationen nicht entgehen, muss die alte Kulturtechnik "Zuhören" heute anders als früher gelernt werden: nämlich als bewusstes und selektives Hören.

Genau Hinhören-Können ist im normalen Unterricht eine Grundvoraussetzung für gelingende Lehr- und Lernprozesse. Aktuelle Langzeituntersuchungen bei Schulkindern zeigen, dass bereits feine Behinderungen in der akustischen Wahrnehmung in einem hohen Mass mit Misserfolg in der Schulkarriere korrelieren. [1]

Hinhören und Zuhören sind jedoch nicht nur von den beteiligten Personen mit ihren physiologischen Voraussetzungen und ihren Einstellungen abhängig, sondern grundsätzlich von weiteren Rahmenbedingungen: vom Umgebungslärm, von der Raumakustik und von den Aktivitäten und Schallereignissen im Raum. Alle wissen wir, wie ermüdend und belastend es ist, in lärmiger Umgebung einem Gespräch zu folgen und wir kennen auch das Phänomen des sich nach oben schaukelnden Lärmpegels

in Turnhallen oder Festhütten. Die Akustik eines Raumes ist in Abhängigkeit zu seiner Nutzung zu beurteilen: Schulräume sind Sprechräume mit erweiterten Anforderungen. Lernverständnis, Lehrerrolle, Lernmedien und Unterrichtsformen und damit die Nutzung der Schulzimmer haben sich in den vergangenen Dekaden extrem verändert. Die damit verbundene akustische Herausforderung ist offensichtlich.

2 Zusammenhang von Lehr- und Lernformen und Akustik

Die Gesellschaft verlangt von der Volksschule heute eine Lernkultur im Bedingungsfeld Fach - Individuum - Beziehungen - Lebenswelt. Lernumgebungen sollen also problemhaltig und fächerverbindend gestaltet sein (Fachbezug), Lernen soll individualisierend und dialogisch entwickelt werden (Personenbezug), gemeinschafts- und teambildend erfolgen (Sozialbezug) und kreativ, ganzheitlich und praxisbezogen sein (Lebensbezug).

Bereits Galileo Galilei (1564 - 1642) sagte: "Man kann einen Menschen nicht lehren, man kann ihm nur helfen, es in sich selbst zu tun". Diese alte Feststellung wird durch die aktuelle Lernforschung bestätigt: Lernen heisst subjektive Sinnkonstruktion, Bewusstseinswandlung, Weltnaheigung und Weltdeutung. Die damit verbundene neue Unterrichtskultur führt zu veränderten Unterrichtsformen und zu einer erweiterten Definition der Lehrerrolle. Als Lerncoach und Moderator von Lernprozessen hat der Lehrer im Unterricht folgende Aufgaben:

- Unterrichtsmethoden und Hilfsmittel variieren
- Lernstrategien inhaltsgerecht und individualisierend anregen
- Lernprozesse mitgestalten und reflektieren lassen
- Lernschwierigkeiten erkennen und ernst nehmen
- Lernhilfen und Lernberatung anbieten

Schule ist also nicht eine Anstalt die einfach Wissen "abfüllt", sondern ein Ort, der Lernen ermöglicht. Um entsprechende Lernumgebungen und Lernsituationen zu gestalten, stehen eine ganze Reihe von alten und neuen Lernmedien zur Verfügung:

- verbale Sprache (mündlich und schriftlich)
- nonverbale Sprache (Blicke, Gesten, Signale etc.)

*Übersetzung von: Kurt Eggenschwiler, Markus Cslovjcek, *Acoustical Requirements of Classrooms and new Concepts of Teaching*, Acoustics 08, Paris, June 29- July 4

- Töne, Klänge, Geräusche
- Bücher, Broschüren, Kopien, Hefte
- Bilder, Grafiken, Karten
- Lernmaterialien und Lernspiele
- Computer, Video, CD, Wandtafel, Over Head Projektion

Neben dem früher überwiegenden Frontalunterricht prägen heute eine Vielzahl unterschiedlicher Lehr- und Lernformen den Unterricht. Die folgenden Skizzen stellen die typischen Sitzordnungen einiger der wichtigsten Formen schematisch dar:

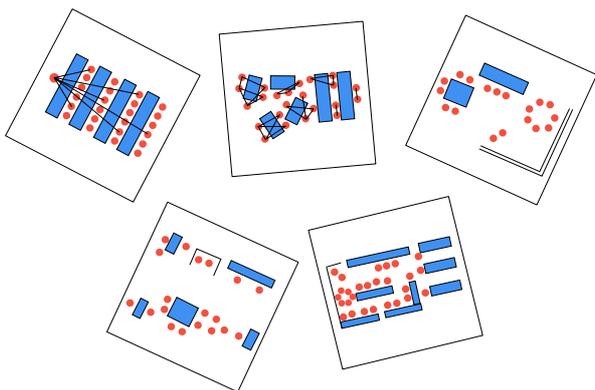


Abbildung 1: Typische Sitzordnungen einiger der wichtigsten Unterrichtsmethoden und Organisationsformen.

Schulräume werden heute von ein und derselben Lehrperson mit ihrer Klasse in sehr unterschiedlichen Konstellationen und Gesellungsformen genutzt. Mit integrativen Schulungsformen sind zunehmend auch mehrere Lehrende gleichzeitig im selben Schulzimmer am unterrichten. Die Schüler arbeiten individuell, in Tandems oder Teams, von Lehrpersonen unterstützt oft eigenständig mit unterschiedlichen Lernmedien an unterschiedlichen Fragestellungen. Während in frontalen Sequenzen (Lehrervortrag, darbietender Unterricht) vor allem die Lehrperson spricht, deren Standort und Sprechrichtung zudem klar definiert ist, dient der Klassenkreis der gleichberechtigten Diskussion, dem Austausch oder dem gemeinsamen Spiel. Im Projekt-, Werkstatt- und Wochenplanunterricht, im Gruppenpuzzle, im Leitprogramm oder in der Fallmethode gleicht das Schulzimmer eher einem Grossraumbüro oder einem Atelier. Oft sind dabei auch weitere Räume und der Vorraum miteinbezogen und die Schulzimmertüre steht offen. Die einzelnen Organisationsformen und Methoden werden gezielt eingesetzt und dienen unterschiedlichen didaktischen Figuren. Der Lärmpegel im Raum und die Hörsamkeit spielt dabei, je nach Aktivität, immer eine Rolle.

a) In frontalen Sequenzen geht es um

- Vortragen und berichten
- Erzählen und vorlesen
- Vormachen und demonstrieren (auch akustisch)

- Erklären und veranschaulichen (auch akustisch)
- Fragen und antworten
- Lehrgespräche

b) Der Klassenkreis und weitere Formen dienen

- der Plenumsdiskussion
- dem Austausch und der Reflexion
- dem Spielen und Musizieren
- der Organisationsentwicklung
- der gemeinsamen Konfliktlösung

c) Gruppen- und Partnerarbeiten stehen im Vordergrund wenn es darum geht

- zu diskutieren, Standpunkte zu klären
- gemeinsam zu üben (auch auditiv und akustisch)
- etwas herzustellen (auch akustisch)
- Erfahrungen auszutauschen

d) Im Projektunterricht werden aktionsorientierte und themenorientierte Projekte unterschieden. Es geht dabei, neben den unter a) bis c) bereits erwähnten Figuren, um Aktivitäten wie

- Arbeitsplan entwickeln
- Beschaffen von Info und Materialien
- gemeinsames oder arbeitsteiliges Erarbeiten von Produkten oder Lösungen (auch akustisch)
- Austausch und Beratung (auch akustisch)
- Darstellen von Ergebnissen (auch akustisch)

e) In Lernwerkstätten organisiert die Lehrerin Lernsituationen in denen die Schüler selbständig lernen können. Sie eignet sich insbesondere zum

- Üben von Fertigkeiten und Fähigkeiten (auch auditiv und akustisch)
- Einstieg ins Thema
- Erfahrungen sammeln (auch auditiv und akustisch)
- Vertiefung ins Thema (auch auditiv und akustisch)
- Unterlagen erarbeiten

f) Bei der Arbeit nach mit Wochenplan sind gleichzeitig viele unterschiedliche Arbeitsformen zu beobachten.

Diese flexible Nutzung der Schulräume stellt Anforderungen an die beteiligten Personen, an das Mobiliar aber auch an die Raumgestaltung. Ausgehend von der Nutzung und den sensiblen Anforderungen des vielfältigen Unterrichtsalltags, ist die akustische Gestaltung ab Beginn der Planung von neuem oder der Renovation von

bestehendem Schulraum mit zu bedenken. Aufgrund von Rückmeldungen von Studierenden und Lehrpersonen ist davon auszugehen, dass teilweise in Schulzimmern unterrichtet wird, in welchen eine ungünstige Raumakustik Lernende und Lehrende stark belastet und ermüdet. Akustisch ungünstige Schulräume können im Extremfall zu Schulversagen, Aufmerksamkeits- und Disziplinschwierigkeiten und zu gesundheitlichen Problemen führen.

3 Akustische Anforderungen

3.1 Allgemeine Anforderungen

Die Anforderungen an die Akustik in Klassenzimmern und Schulen allgemein wurde in den letzten Jahren intensiv diskutiert. Neue Forschungsergebnisse zeigen, dass eine gute akustische Gestaltung in Schulen für gutes Lernen und Lehren grundlegend ist. Es wurden verschiedene Richtlinien veröffentlicht und Normen angepasst. Es wurden Anforderungen für Störgeräuschpegel und Nachhallzeit festgelegt.

In der revidierten Schweizer Norm SIA 181 [2], welche sich auf die deutschen Norm DIN 18041 [3] stützt, wurde die *Nachhallzeit* für Klassenzimmer von 125 m^3 - 250 m^3 auf etwa 0.4 - 0.6 s festgelegt.¹ Die Anforderungen an den *Störerschall* sind in der DIN 18041 von bauseitigen Geräuschen (Verkehrslärm von aussen, Geräusche von benachbarten Räumen) und Betriebsgeräuschen (haustechnische Anlagen, Projektoren etc.) festgelegt. Für beide Geräuscharten ist der zulässige Störgeräuschpegel als A-bewerteter Mittelungspegel abhängig von der Entfernung Sprecher - Hörer und von der Eignung für Hörbehinderte oder Fremdsprachenunterricht zwischen 30 und 40 dB(A) bestimmt.

3.2 Anforderungen für Schule mit offenen Unterrichtsräumen

Es wurden nur wenige Informationen zu den akustischen Anforderungen an offene Unterrichtsräume gefunden. In einem Papier einer Arbeitsgruppe der European Acoustics Association EAA (TC-RBA WG3: Acoustics in Open-Plan Schools and Offices) sind die folgenden Anforderungen für die Raumakustik aufgeführt: [6]

Teilweise offene Schulen:

- Die Nachhallzeit soll kurz sein, weniger als 0.3 - 0.4 Sekunden.
- Die akustische Pegelminderung zwischen zwei Unterrichtsgruppen sollen mindestens 15 - 20 dB betragen. Die gilt auch für Unterrichtsgruppen und Korridor (unter Anwendung von Schallschirmen die entfernt

werden können, mobilen Wänden und eingebauten Glaswänden).

- Die Pegelabnahme der Schallausbreitung bei Verdoppelung des Abstandes sollte 5 - 8 dB betragen.
- Innerhalb von Unterrichtsgruppen soll der STI grösser sein als 0.6. Zwischen Unterrichtsgruppen sollte der STI kleiner sein als 0.2. Dies sollte mit Vorteil durch Computermodelle überprüft werden.

4 Zusammenarbeit Akustik und Pädagogik

Es ist naheliegend, dass Hören und Zuhören im Allgemeinen und die Klassenzimmerakustik im Speziellen in einer Pädagogischen Ausbildung thematisiert werden sollten. An der Pädagogischen Hochschule in Aarau wurde das Thema Klassenzimmerakustik im Rahmen einer Veranstaltungsreihe mit dem Titel "Musik und Mensch" aufgegriffen. An einem Abend fanden sich eine grössere Anzahl Angehörige der Hochschule und interessierte externe Teilnehmer zu einem Vortrag über Klassenzimmerakustik ein. Darauf wurde für die Dauer eines Semesters eine Lehrveranstaltung angeboten. In diesem so genannten Forschungsatelier arbeiteten Studierende mit den beiden Autoren, also dem Dozenten der Pädagogischen Hochschule und dem Akustikexperten, an dem Thema Klassenzimmerakustik. Den Studierenden wurde klar, dass sie sich bisher der Bedeutung des Hörens im Unterricht gar nicht bewusst waren. Sie wurden durch das Seminar stark für das Thema "Hören" sensibilisiert und achteten auch selber nach und nach besser auf die akustische Situation. Ziel war auch, dass sich für die Studierenden Themen für Diplomarbeiten ergeben sollten.

Es wurden einige Ideen eingebracht, wie man sich dem Problem schlechter Akustik in Schulen im Rahmen der Pädagogischen Hochschule widmen könnte. So könnte z.B. mit einfachen Methoden [7] versucht werden herauszufinden, wie viele Klassenzimmer beispielsweise im Kanton Aargau, Schweiz den akustischen Anforderungen nicht genügen. Oder es könnte ein Konzept erarbeitet werden, wie das Thema an die Behörden, Schulleitungen, Lehrerschaft und Eltern verbreitet werden könnte. Ziel wäre, Druck aufzubauen, um die betroffenen Klassenzimmer rasch sanieren zu können.

Schliesslich entschieden sich vier Studierende für Diplomarbeiten zur Frage der Klassenzimmerakustik. Darüber wird im folgenden Abschnitt berichtet. Das Thema Akustik und Schule bleibt an der Pädagogischen Hochschule weiterhin ein Thema.

¹Siehe auch Richtlinien der Schweizerischen Gesellschaft für Akustik SGA [4] und Vortrag zur Einführung der SIA 181 [5]

5 Diplomarbeiten an der Pädagogischen Hochschule Aarau

5.1 "Schafisheim"

Für die erste Diplomarbeit [8] wurde von zwei Studenten das Schulhaus in Schafisheim, Schweiz ausgewählt, wo die beiden ihr Praktikum als Lehrer absolvierten. Die Leitfragen lauteten: Wie gut ist die Akustik in den Schulräumen der Schule Schafisheim und wie wird sie von den Klassen und ihren Lehrpersonen empfunden? Wie lassen sich akustisch schlechte Schulräume mit einfachen baulichen Massnahmen verbessern? Es wurden in 13 Klassenzimmern die Nachhallzeit und das Sprachübertragungsmass STIPA [9] gemessen. Mit einem Fragebogen wurde eine Befragung bei den Lehrpersonen und Lernenden durchgeführt.

Es zeigte sich, dass in dem Schulhaus mit seinen klassischen Schulräumen die Zufriedenheit mit den akustischen Verhältnissen relativ hoch ist. Dies korreliert mit den Messergebnissen, welche in den meisten Klassenzimmern Nachhallzeiten ergaben, welche die Anforderungen erfüllen. Bei einigen wenigen Klassenzimmern waren sie allerdings nicht erfüllt, unter anderem in demjenigen, in dem die beiden Studenten als Praktikanten unterrichteten.

So entschlossen sich die Studenten, ihr eigenes Klassenzimmer exemplarisch zu sanieren. Dabei sollte gezeigt werden, dass auch mit einfachen Mitteln die Sanierung eines Klassenzimmers durchgeführt werden kann (siehe Abbildung 2). Ein Teil der Decke wurde von den Studierenden mit ausgewählten Schallabsorbieren verkleidet. Das Ergebnis war erfreulich. Das Klassenzimmer erfüllte die Anforderungen und eignete sich hörbar besser für den Unterricht. Die Studenten schlugen schliesslich vor, die Erkenntnisse in geeigneter Form an interessierte Lehrpersonen zu Verfügung zu stellen, im Sinne einer Hilfe zur Selbsthilfe.



Abbildung 2: Ersatz eines Teils der Decke in Schafisheim.

5.2 "Birmenstorf"

5.2.1 Ausgangslage

Die zweite Arbeit [10] wird hier etwas ausführlicher beschrieben. Sie untersucht die Schule Birmenstorf, Schweiz, wo neue Lehrformen praktiziert werden, welche akustisch nicht unproblematisch sind. Es handelt sich um eine integrative Schule: Alle Kinder haben das Recht auf eine individuelle und ganzheitliche Förderung.

In drei Klassenzimmern werden vier Klassen in jeweils drei Niveaugruppen unterrichtet (zwei Klassenzimmer mit Gang und Treppe: siehe Abbildung 3). In Form eines Wochenplans erhalten die Schüler Aufträge über eine gewisse Zeitspanne von einer bis mehreren Wochen. In den Wochenplanstunden arbeiten sie selbständig an den Aufträgen. Zusätzlich finden von Lehrpersonen geleitete Stunden statt, in denen neue Themen eingeführt und Bekanntes vertieft wird. Wenn die Schüler am Wochenplan arbeiten, dürfen sie ihren Arbeitsplatz frei wählen. Die Türen der drei konventionellen Klassenzimmer stehen offen und die Zimmer und der Verbindungsgang sind frei begehbar. In den Räumen können gleichzeitig ein oder mehrere Kleingruppen arbeiten und Lektionen stattfinden, z.B. in einer Fremdsprache mit einem Lehrer und fünf Schülern.

Die Schüler gehen mit der Situation recht diszipliniert um. Das Wechseln des Arbeitsplatzes geht relativ geräuschlos vor sich. Eine gewisse wechselnde sprachliche Geräuschkulisse ist aber immer vorhanden, schon nur wegen den gleichzeitig stattfindenden Lektionen. Stören können andere Schulkinder sein, welche in Klassenzimmern ein Stockwerk tiefer unterrichtet werden. Der Verbindungsgang ist über ein Treppenhaus verbunden.

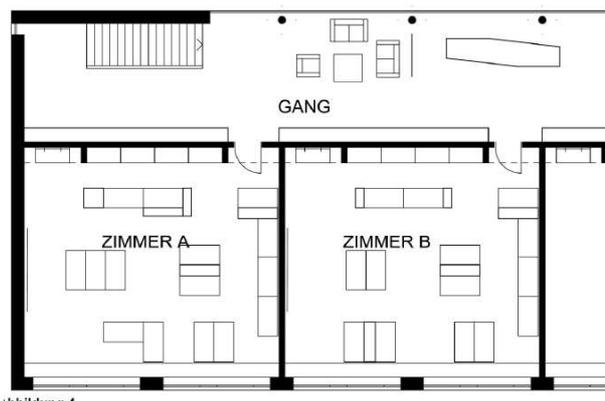


Abbildung 3: Zwei Klassenräumen (Zimmer A und Zimmer B) mit dem Gang und Treppenhaus. Im Gang können die Kinder auch arbeiten. Die Türen der Klassenzimmer sind offen.

Es stellt sich die Frage, wie diese akustische Störungen die Kinder beim Lernen beeinflussen, resp. wie die Situation verbessert werden könnte, besonders im Hinblick auf die Projektierung eines neuen Schulhauses. Wie könnten dort die Räumlichkeiten gestaltet werden, um die neue Schulform möglich zu machen, und gleichzeitig die aku-

stischen Nachteile zu minimieren. Die Fragen sollten im Rahmen von zwei Diplomarbeiten angegangen werden (Altbau und geplanter Neubau).

5.2.2 Einsatz von Stellwänden in der bestehenden Situation

Die Projektierung des Schulhauses wurde leider gestoppt, so dass schliesslich nur eine Diplomarbeit ausgeführt werden konnte. Sie setzte sich mit der bestehenden Situation auseinander. Dabei wurde auf die Frage fokussiert, wie sich schallabsorbierende transparente Stellwänden auf die Situation akustisch und pädagogisch auswirken. Die mobilen Stellwände sollten dazu benutzt werden, den Einzelunterricht vom Rest des Raumes abzugrenzen. Zum Einsatz kamen absorbierende, mikroperforierte und transparente Bürostellwände. Dabei sollten nur wenige Stellwände verwendet werden, um den Raum möglichst wie bisher nutzen zu können. Die Transparenz sollte eine minimale visuelle Aufsicht ermöglichen. In Abbildung 4 ist gezeigt, wie schliesslich die Stellwände von 1.25 m Breite und 2.5 m Höhe aufgestellt wurden.



Abbildung 4: Klassenzimmer ohne (oben) und mit (unten) transparenten mikroperforierten Stellwänden.

5.2.3 Akustische Messungen

Eine Messung der Nachhallzeit in den Klassenzimmern zeigte, dass die Werte in allen Oktavbändern im empfohlenen Bereich liegen. Mit den drei Stellwänden im Klassenzimmer sank die Nachhallzeit geringfügig. Im Vorraum wurde ebenfalls eine kurze Nachhallzeit gemessen, welche etwa in dem für Unterricht angestrebten Toleranzbereich liegt.

Für verschiedene Sprecher-Hörer Positionen wurde der STIPA gemessen. Für Positionen im Klassenzimmer selber wurde mit und ohne Stellwände Werte über 0.65 gemessen. Für die Sprecherpositionen im Klassenzimmer und die Hörerposition ausserhalb im Verbindungsgang waren die Werte naturgemäss geringer (0.20 - 0.50). Für die Sprecherposition (Lehrperson, welche Kleingruppe unterrichtet) hinter den Stellwänden wurden keine oder nur kleine Unterschiede mit und ohne Stellwände gemessen. Auch der Pegelunterschied ohne/mit Stellwänden waren gering (< 4 dB). Offensichtlich ist es mit der minimalen Anzahl Stellwänden nur bedingt möglich, den einen vom anderen Bereich im Klassenzimmer akustisch zu trennen. Die Decke ist zwar schallabsorbierend, aber es existieren noch zu viele Möglichkeiten für akustische Reflexionen.

5.2.4 Befragungen

Es wurden Erhebungen bei Schülern und Lehrern zu der Situation mit und ohne Trennwände durchgeführt (Ein Klassenzimmer wurde mit Stellwänden ausgerüstet, ein zweites nicht). Die Auswertung zeigte, dass die Befragten keine signifikante Verbesserung der subjektiv empfundenen akustischen Situation durch die Stellwände feststellten. Dafür äusserten sich die Schüler, dass sie die Stellwände als deutliche Verschlechterung der Raumaufteilung empfinden würden. Im Übrigen wählten sie unabhängig davon ob Stellwände im Klassenzimmer vorhanden waren den Bereich im Vorraum als bevorzugten Platz für Einzelarbeiten und nicht das Klassenzimmer. Die Transparenz der Stellwände wurde als ungenügend bezeichnet, weil man die anderen nur noch verschwommen sieht, aber doch gut hört.

5.2.5 Fazit

Die akustischen Verbesserungen waren minimal. Die Anforderungen zur Nachhallzeit gemäss [3], [2] und [6] waren in den Räumen erfüllt. Dagegen waren die Anforderungen für offene Schulräume gemäss [6] zur Sprachverständlichkeit und Schallpegelreduktion zwischen unterschiedlichen Gruppe von Schülern zum grössten Teil nicht erfüllt.

Von den Schülern wurden bereits die drei Stellwände als Behinderung aufgefasst. Durch eine Schüleraussage wurde die Situation so auf den Punkt gebracht: Wenn man das Zimmer ganz trennen würde, wäre es sinnvoller. Offen bleibt, ob der akustische Nachteil der Lernform grösser

ist, als die postulierten Vorteile gegenüber konventionellen Lernformen. Zudem wäre es natürlich interessant, für einen Neubau einen sinnvollen Grundriss von gekoppelten Räumen und Teilräumen zu finden, der die in Birmenstorf praktizierte Lehrform ermöglicht, aber die akustischen Störungen minimiert.

6 Schlussfolgerung

In einer Zusammenarbeit der Pädagogischen Hochschule Aarau und der Abteilung Akustik der Empa konnten verschiedene Personenkreise für die Frage der guten Akustik für das Lernen und Lehren sensibilisiert werden. In Diplomarbeiten von angehenden Lehrerinnen und Lehrern zeigte sich, dass es für konventionelle Lehrformen relativ einfach ist, die akustischen Anforderungen sinnvoll umzusetzen. Wie die Arbeit zu der Schule in Schafisheim (5.1) zeigt, kann dies auch mit bescheidenen Mitteln passieren. Für neuere Lehrformen, wie sie am Beispiel Birmenstorf dargestellt wurden (5.2), erweist es sich als viel schwieriger, akustisch gute Bedingungen herzustellen. Zweifellos ist dies nur möglich, wenn Akustik und Pädagogik praxisorientiert zusammen nach Lösungen suchen. Dazu ist in der hier beschriebenen Zusammenarbeit eine Grundlage geschaffen, welche jetzt weiter vertieft werden muss.

Literatur

- [1] H. Breuer, M. Weuffen: *Lernschwierigkeiten am Schulanfang. Schuleingangsdiagnostik zur Früherkennung und Frühförderung*, Beltz, Weinheim, 2000
- [2] SIA 181:2006, *Schallschutz in Hochbau / Protection contre le bruit dans le bâtiment / La protezione dal rumore nelle costruzioni edilizie.*, SIA, Zürich.
- [3] DIN 18041:2004-05, *Hörsamkeit von kleinen und mittleren Räumen (Acoustical quality in small to medium-sized rooms)*, Beuth Verlag GmbH, Berlin
- [4] Schweizerische Gesellschaft für Akustik SGA, *Richtlinie für die Akustik von Schulzimmern und anderen Räumen für Sprache*. SGA, 21. Juni 2004, (<http://www.sga-ssa.ch>), deutsch, französisch und italienisch.
- [5] K. Eggenschwiler, SIA 181:2006 *Schallschutz im Hochbau Raumakustik von Unterrichtsräumen und Sporthallen*, Vortrag Einführungsveranstaltungen Norm SIA 181, 8. /15. Mai 2006 und an der Frühlingstagung der Schweizerischen Gesellschaft für Akustik SGA, 26. April 2006, Fribourg, <http://www.arch.ethz.ch/eggenschwiler>
- [6] C. Møller Petersen, "Acoustics in open-plan schools and day-care centres - problems and opportunities." http://www.eaa-fenestra.org/TCs/RBA/Workgroups/WG3/Public/CMP_1.pdf
- [7] M. Meis et. al., "Subjective evaluation of speech and noise in learning environments in the realm of classroom acoustics: Results from laboratory and field experiments", *J. Acoust. Soc. Am.* 117, 4, 2437-2437 (2005)
- [8] S. Baumann, Th. Fischer, *Schulraumakustik - bewusst wahrnehmen und verbessern*, Diplomarbeit Pädagogischen Hochschule, FHNW, Aarau, 2007
- [9] IEC 60268-16:2003, *Sound system equipment - Part 16: Objective rating of speech intelligibility by speech transmission index*, Geneva, CH
- [10] M. Grieder, *Schulraumakustik im offenen Unterricht*, Diplomarbeit Pädagogischen Hochschule, FHNW, Aarau, 2007

20. Juni 2008