

Raumakustik

Untersuchung zur Einschätzung der Sprechstimme und Hörumgebung in Schulräumen

und

Lektionsreihe im Fach Musik

Eine DV-Arbeit von:

Jonas Märki

Föhrenweg 33

5313 Klingnau

jonas.maerki@students.fhnw.ch

Eingereicht am 13. Juli 2009 bei:

Prof. Markus Cslovjecsek

Pädagogische Hochschule FHNW

Kasernenstrasse 20 (Reithalle)

5000 Aarau

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Fragestellung	2
2	Theorie.....	4
2.1	Wirkung von Lärm und schlechter Akustik in Schulzimmern.....	4
2.2	Sprachverständlichkeit in Räumen.....	5
2.2.1	Einfluss von Störgeräuschen auf die Sprachverständlichkeit.....	5
2.2.2	Einfluss der Raumreflexionen und der Nachhallzeit.....	6
2.2.3	Die Nachhallzeit	6
2.2.4	Messung und Prognose der Sprachverständlichkeit.....	7
2.3	Akustische Gestaltung von Schulzimmern und Auditorien.....	8
2.3.1	Stand des Wissens	8
2.3.2	Vermeiden von Lärm.....	8
2.3.3	Kurze Nachhallzeit gemäss DIN 18041	9
2.3.4	Gute Raumform	10
3	Subjektive Einschätzung der Sprechstimme und Hörumgebung in Schulzimmern	11
3.1	Die Studie von Meis	11
3.2	Vorgehen bei eigener Untersuchung	12
3.3	Ergebnisse der Untersuchung.....	13
3.3.1	Schulzimmer FHNW Raum D.109	14
3.3.2	Schulzimmer FHNW D.103.....	15
3.3.3	Schulzimmer FHNW Tonstudio.....	16
3.3.4	Schulzimmer OSUA SS Bez	17
3.3.5	Schulzimmer OSUA SS Sek	18
3.3.6	Schulzimmer OSUA KZ Sek	19
3.3.7	Schulzimmer OSUA NaWi Bez	20
4	Diskussion	21

5	Lektionsreihe Schulraumakustik	23
5.1	Ziele	23
5.2	Lektionsskizzen.....	23
6	Schlusswort	30
6.1	Fazit	30
6.2	Reflexion der eigenen Tätigkeit.....	31
7	Verzeichnisse	32
7.1	Literatur- und Quellenverzeichnis	32
7.2	Abbildungs-, Tabellen- und Diagrammverzeichnis.....	33
	Anhang.....	34
	Polaritätenprofile	34
	Redlichkeitserklärung.....	37

1 Einleitung

Auch im Zeitalter des Internets und multimedialer Lernformen fundiert das schulische Lernen nach wie vor auf der mündlichen Kommunikation, das heisst auf dem ‚Miteinander Reden‘ und dem ‚Einander Zuhören‘. Die Schule sollte dafür eine Infrastruktur anbieten, welche das kommunikative Verhalten und damit einhergehend auch das Lernen fördert. Zu den hier bedeutsamen Faktoren gehören auch die raumakustischen Bedingungen, unter denen der schulische Unterricht tagtäglich stattfindet. In pädagogischen Kreisen und in der Akustikforschung hat das Thema ‚Akustik in Schulzimmern‘ seit einiger Zeit stark an Bedeutung gewonnen und wird heute vermehrt beachtet. Vor allem im vergangenen Jahrzehnt wurde dazu intensiv geforscht.

Wer sich mit offenen Ohren in Schulzimmern und Auditorien umhört, wird dies auch verstehen. Eigentlich ist es erstaunlich, wie oft wir auf schlechte oder gar ungenügende akustische Verhältnisse in solchen Räumen treffen, weil beim Neubau von Schulgebäuden die seit Jahrzehnten bekannten Regeln und Richtlinien der akustischen Gestaltung offenbar in der Praxis nicht umgesetzt werden und dafür nur der Ästhetik der Räume Beachtung geschenkt wird. Was aber die Ästhetik für unsere Augen ist, ist die Akustik für unsere Ohren. Dessen sollten sich Schul- und Baubehörden immer gewahr sein. Laut Eggenschwiler sind die grundsätzlichen Anforderungen für Schulzimmer und Auditorien:

- Sehr gute Sprachverständlichkeit
- Natürliche Übertragung der Sprachlaute
- Möglichst wenig Lärm von ausserhalb und innerhalb des Gebäudes
- Möglichst wenig Lärm im Raum selber
- Gute Musikhörsamkeit in Schulzimmern (vgl. Eggenschwiler 2005).

Um diese akustischen Anforderungen in Schulräumen zu überprüfen, braucht es keine vertieften Kenntnisse der Physik und angewandten Mathematik. Aus diesem Anlass erscheint die Bearbeitung des Themas Schulraumakustik mit Schülerinnen und Schülern (SuS) der Sekundarstufe I einerseits als durchaus realisierbar und andererseits, die Forschung im letzten Jahrzehnt beweist es, als sehr sinnvoll (vgl. Eggenschwiler 2005).

1.1 Fragestellung

Die nachfolgende Arbeit ist in ihrem Hauptteil zweigeteilt und behandelt daher auch zwei unterschiedliche Teilfragestellungen.

Eingeleitet wird die Arbeit durch einen allgemein gehaltenen und für beide Hauptteile gültigen Theorieteil. Dieser beinhaltet Grundlagen zur Wirkung von Lärm und schlechter Akustik in Schulzimmern (Kapitel 2.1), zur Sprachverständlichkeit in Räumen (Kapitel 2.2) und der akustischen Gestaltung von Schulzimmern und Auditorien (Kapitel 2.3). Das ganze Kapitel orientiert an Kurt Eggenschwilers Referat, 'Schulraumakustik – Anforderungen an die Schulraumgestaltung', welches er anlässlich der Kolloquiumsreihe 'Musik und Mensch' am 24. November 2005 an der Fachhochschule in Aarau gehalten hat. Eggenschwiler ist dipl. El. Ing. ETH / dipl. Akustiker SGA und leitet seit 1999 die Akustikabteilung der EMPA in Dübendorf. Weiter liefert eine Studie der Akustiker Klante, Meis, Nocke und Schick (Akustik in Schulen: Könnt ihr denn nicht zuhören?!, 2002) Hintergründe, die im Theorieteil aufgegriffen werden.

Im ersten Hauptteil (Kapitel 3) werden die Sprechstimme und die Hörumgebung in Schulräumen subjektiv untersucht. Die Idee und das Konzept dazu stammen von Markus Meis. Mit Hilfe des von Meis gestalteten Polaritätenprofils werde ich zunächst die drei akustisch vermessenen Räume der FHNW Aarau untersuchen (vgl. Meis 2005). Anschliessend werde ich mit derselben Versuchsanordnung vier Schulräume in meiner Wohngemeinde Klingnau AG bewerten. Um die in Klingnau erzielten Ergebnisse besser einzuordnen, werden jene Ergebnisse mit den Ergebnissen und den Messdaten der Schulräume der FHNW Aarau verglichen. Die Untersuchung an allen Schulzimmern soll aufzeigen, inwiefern relevante und weiterverwendbare Ergebnisse aus der Untersuchung der subjektiven Einschätzung der Sprechstimme und der Hörumgebung zu erwarten sind und welche Probleme während der Untersuchung entstehen können. Weiter soll die Untersuchung auch Aufschluss darüber geben, unter welchen Umständen eine derartige Studie mit SuS der Sekundarstufe I möglich ist. Die Ergebnisse werden nachfolgend im zweiten Hauptteil verarbeitet.

Der zweite Hauptteil (Kapitel 5) beinhaltet die eine Lektionsreihe für SuS der Sekundarstufe I. Sie ist darauf angelegt, dass die SuS einerseits für das Thema Raumakustik sensibilisiert werden und andererseits soll sie ermöglichen, dass die SuS nach der Methode von Meis Schulzimmer selbstständig bewerten können, um daraus eigene Schlussfolgerungen zu ziehen und eventuell Verbesserungsvorschläge anbringen zu können.

Aus der von mir gewählten Vorgehensweise wird bereits jetzt ersichtlich, dass ich überzeugt bin, dass es möglich sein wird, eine subjektive Sprechstimme und Hörumgebungs-Untersuchung auch mit SuS der Sekundarstufe I zu absolvieren. Inwiefern Schwierigkeiten oder Probleme auftreten könnten, möchte ich anhand der eigenen Untersuchungsreihe im ersten Hauptteil eruieren. Mit diesem Wissen im Hintergrund ist es meine Aufgabe, die Lektionsreihe so zu gestalten, dass das komplexe Thema der Raumakustik auf einem ansprechenden Niveau für SuS der Sekundarstufe I verständlich ist. Ich vermute jedoch, dass dies nur für die Bezirksschule, allenfalls auch für die Sekundarschule gelingen wird. Diese Diskussion wird aber im Kapitel 4 weiter ausgeführt und legitimiert somit das Vorgehen bei der Ausarbeitung der Lektionsreihe vom zweiten Hauptteil.

Im abschliessenden Schlusswort wird ein Fazit aus der gesamten Arbeit gezogen. Zudem wird das eigene Vorgehen bei der Arbeit, welches zum hier vorliegenden Resultat geführt hat, aus der Metaperspektive reflektiert.

2 Theorie

2.1 Wirkung von Lärm und schlechter Akustik in Schulzimmern

Dass Lärm ein Stressfaktor ist, wissen wir aus eigener Erfahrung. Unlust, Ärger und Unzufriedenheit sind mögliche Folgen. Wie sehr dies auch in der Schule gilt, zeigen Befragungsuntersuchungen zur Arbeitsbelastung von Lehrpersonen. In einer Studie von Professor Hans-Georg Schönwälder des Bremer Instituts für interdisziplinäre Schulforschung (ISF) gaben 75 Prozent der über 1000 Befragten den Faktor Lärm als eine wesentliche Belastungsquelle an (vgl. Klätte et al. 2002, S. 5). Aber auch in anderen aktuellen Studien werden die Auswirkungen von Lärm und schlechter Raumakustik auf das Lehren und Lernen untersucht. Sie alle lassen den Schluss zu, dass die Lärmbelastung sich unmittelbar auf die mentale Leistung von SuS und deren Lehrkräfte auswirkt. Ungünstige Hörbedingungen können bewirken, dass bei schlechterer Sprachverständlichkeit Informationen falsch oder gar nicht verstanden werden, d.h. die Wahrnehmung und Identifikation der Botschaft misslingt. Ausserdem wird das Zuhören anstrengender, die Kinder müssen mehr kognitive Kapazität aufwenden, um die Sprache zu dekodieren, was dann einerseits zu einer schnelleren Ermüdung führt und andererseits die Leistung des Kurzzeitgedächtnis beeinträchtigt. Diese Probleme betreffen besonders Kinder im Grundschulalter, bei denen die Spracherwerbsphase noch nicht abgeschlossen ist, lernschwache Kinder sowie fremdsprachige Kinder. Aber auch das soziale Klima wird durch Lärm beeinträchtigt, denn Lärm fördert Aggressionen (vgl. Klätte et al., 2002, S. 5ff).

Eine Studie für bessere Schulzimmerakustik der Heriot-Watt University in Edinburgh zeigt auf, dass die Sprachverständlichkeit in unbehandelten Schulzimmern (Räume ohne akustische Massnahmen) signifikant schlechter ausfällt als diejenige in akustisch behandelten Räumen. Für diese Studie wurden über 70 Unterrichtsräume von Grundschulen in Schottland, England und Nordirland einbezogen. Die Nachhallzeiten der unbehandelten Schulzimmer lagen besetzt im Mittel bei 0.6 Sekunden, bei den akustisch behandelten bei 0.4 Sekunden. Die Streuung wurde in der Zusammenfassung der Studie leider nicht angegeben. Es gibt aber einen Hinweis, der darauf hindeutet, dass einige kleinere der unbehandelten Schulzimmer mit ihren tiefen Nachhallzeiten den Mittelwert stark drücken. Viele Werte lagen offenbar im Bereich 0.9-1.0 Sekunden, was nach DIN

Norm (DIN 18041) einer optimalen Nachhallzeit für einen Schulzimmer mit einem Raumvolumen zwischen 2000 – 5000 m³ entspricht (vgl. Eggenschwiler 2005, S. 2).

Interessantes zeigt sich auch bei der Auswertung der Fragebogen, welche an die Lehrkräfte der jeweiligen Schulzimmer abgegeben wurde (vgl. Eggenschwiler 2005, S. 2).

Lehrkräfte, die ihre Schulzimmer als laut bewerten:

- leiden eher unter Kopfschmerzen.
- neigen eher dazu, Halsprobleme in Verbindung mit ihrer Arbeit zu sehen.
- melden sich bei Halsproblemen eher krank.

Lehrkräfte, die ihre Schulzimmer als zu hallig bewerten:

- glauben eher, dass die Akustik Einfluss auf die eigene Leistung hat.
- glauben eher, dass die Akustik Einfluss auf die Leistung und das Verhalten der Kinder hat.
- sind häufiger krank als ihre Kollegen.

Lehrkräfte in Schulzimmern mit Akustikdecken leiden:

- seltener unter Problemen mit Stimme und Hals.

2.2 Sprachverständlichkeit in Räumen

2.2.1 Einfluss von Störgeräuschen auf die Sprachverständlichkeit

Je mehr die Sprache durch Störgeräusche überdeckt wird, umso mehr wird die Sprachverständlichkeit beeinträchtigt, bis schliesslich die Sprache nicht mehr verständlich ist. Bei den Zuhörenden, besonders bei Kindern im Grundschulalter, muss die Lautstärke der Sprache deshalb in einem günstigen Verhältnis zur Lautstärke der Störgeräusche stehen. Studien zeigen, dass der Pegel der Sprechstimme um 10 bis 15 dB(A) über dem Störgeräuschpegel liegen sollte. Solche Werte sind in unbehandelten Räumen aber kaum zu erreichen. Eine noch ausgeprägtere Differenz des Schallpegels der Sprache zum Störgeräusch benötigen hörbehinderte Menschen. Ebenso verhält es sich beim Hören von Fremdsprachen.

Laborexperimentelle Untersuchungen zeigen weiter, dass Beeinträchtigungen der Gedächtnisleistung nur durch unregelmäßige Hintergrundschalle wie Sprache oder Musik hervorgerufen werden, jedoch nicht durch kontinuierliche Schalle wie etwa ein

breitbandiges Rauschen oder das Geräusch einer Autobahn. Dabei spielt es keine Rolle, ob die Sprache im Hintergrund für uns verständlich ist oder nicht. Bei zunehmender "Verrauschung" eines sprachlichen Hintergrundschalls, zum Beispiel durch das Hinzufügen von Breitbandrauschen oder durch Überlagerung mehrerer Sprecherstimmen, nimmt die Störwirkung kontinuierlich ab. Bei der Beeinträchtigung durch Hintergrundmusik können deutliche Wirkungsunterschiede zwischen Musikstücken mit Staccato Noten (kurze, gestossene Töne) und Musikstücken mit Legato Passagen (gebundene Töne) festgestellt werden. Die Staccato Musik bewirkt eine signifikant stärkere Leistungsbeeinträchtigungen als die Legato Musik (vgl. Klatte et al. 2002, S. 6ff).

2.2.2 Einfluss der Raumreflexionen und der Nachhallzeit

Sprechen wir in geschlossenen Räumen, so trifft nicht nur direkter Schall von den Sprechenden bei den Zuhörenden ein. Die Signalwellen werden an Boden, Wänden und Decke viele Male reflektiert und erreichen darauf zeitlich verzögert das Ohr. Es ist erstaunlich, dass wir trotz dieser vielfach verzögerten und überlagerten Signale die Stimme als Sprache wahrnehmen können. Möglich macht dies unser Gehörsinn, der die eher wenig verzögerten Reflexionen nutzbringend überlagert. Stärker verzögerte Reflexionen vermindern aber die Verständlichkeit. Negativ wirken sich aus:

- Zu langer Nachhall.
- Starke Schallreflexionen, welche später als 50 Tausendstel Sekunden nach dem Direktschall eintreffen.
- Flatterechos, die z. B. durch wiederholte Reflexion des Schalls an parallelen Wänden entstehen.

Der Nachhall setzt sich aus den vielen Schallanteilen zusammen, welche beim Ohr nach wiederholter Reflexion eintreffen. Enthält ein Raum viele schallabsorbierende Materialien (beispielsweise poröse Materialien), geht bei den Reflexionen an solchen Raumflächen viel Schallenergie verloren und der Nachhall wird kurz. In Räumen mit überwiegend schallharten Flächen wie Beton, Glas etc. ist das Umgekehrte der Fall. Es entwickelt sich ein langer Nachhall (vgl. Eggenschwiler 2005).

2.2.3 Die Nachhallzeit

Nach dem amerikanischen Physiker Wallace C. Sabine (1868 - 1919) wird der Nachhall durch das Zeitintervall beschrieben, welche nach dem Verstummen einer Schallquelle

vergeht, bis der Schalldruck im Raum auf ein Tausendstel des Anfangswertes gesunken ist. Dies entspricht einer Senkung des Lautstärkepegels um 60dB(A). Die Nachhallzeit wird in Sekunden gemessen und ist in den verschiedenen Bereichen der Tonhöhe unterschiedlich:

125 Hz	Tieftonbereich wenig Einfluss auf Sprachverständlichkeit, eher Komfort
<hr/>	
250 Hz 500 Hz 1000 Hz 2000 Hz	Mitteltonbereich / Bereich der Sprache in diesem Bereich sollten die Nachhallzeiten zwischen 0.4 und 0.7 Sekunden liegen
<hr/>	
4000 Hz	Hochtonbereich Verständlichkeit der Konsonanten

Die Nachhallzeit ist ein pauschales Mass für den ganzen Raum. Sie eignet sich gut als erster Zielwert für die Gestaltung von Räumen. Der Mittelwert der Nachhallzeit bei 500/1000 Hz liegt in grossen Konzertsälen bei etwa 2 Sekunden, in Sprechtheater etwa bei 1 Sekunde. Das Erreichen des Wertes garantiert aber noch nicht, dass auf allen Plätzen im Publikum die gewünschten Verhältnisse erreicht werden. Dazu muss auch die Form des Raums optimiert werden (vgl. Eggenschwiler 2005, S. 3).

2.2.4 Messung und Prognose der Sprachverständlichkeit

Die Sprachverständlichkeit kann einerseits durch die Befragung von Versuchspersonen ermittelt werden. Diese qualitative Forschungsmethode ist aber ausserordentlich aufwändig. Andererseits gibt es heute akustische Messmethoden, welche diesen Zweck ebenfalls gut erfüllen. Verbreitet ist die Messung des Speech Transmission Index STI nach einem normierten Verfahren. Der STI erfasst die Einflüsse von Störschall und Nachhall. Er wird mit einem Wert zwischen 0 und 1 angegeben, wobei 0 die totale Sprachunverständlichkeit bezeichnet und 1 stellvertretend für die hypothetisch bestmögliche Sprachverständlichkeit steht. STI-Werte mit einem Delta von ≤ 0.03 werden im Sinne von Messfehlern als gleich bezeichnet. Unterschiede von ≥ 0.1 werden als beträchtlich angesehen (Baumann, Fischer 2007, S. 9).

2.3 Akustische Gestaltung von Schulzimmern und Auditorien

2.3.1 Stand des Wissens

Aus den Ergebnissen der Forschung lassen sich klare Anforderungen an Unterrichtsräume ableiten:

- Die Lautstärke von Fremdgeräuschen muss begrenzt werden
- Direktschall und starke frühe Schallreflexionen sollen gefördert, späte Raumreflexionen vermieden und der Nachhall kurz gehalten werden

Diese allgemeinen Anforderungen wurden in verschiedenen Normen und Richtlinien konkretisiert. Die revidierte DIN 18041 (Hörsamkeit in kleinen bis mittelgrossen Räumen) fasst diese zusammen und dokumentiert den Stand des Wissens. Die Schulzimmer, Auditorien und Sporthallen sollen nach den Anforderungen der neuen DIN 18041 geplant oder saniert werden. In der Schweiz wird die DIN 18041 von der schweizerischen Gesellschaft für Akustik SGA-SSA empfohlen. Entsprechende Kennwerte wurden von der SIA (Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein) in die revidierten Norm SIA 181 „Schallschutz“ im Hochbau aufgenommen. Besondere Anforderungen gelten für Hörbehinderte (vgl. Eggenschwiler 2005, S.4).

2.3.2 Vermeiden von Lärm

Als Normalhörige sind wir in der Lage, ein akustisches Signal wie die Sprache auch noch dann zu dekodieren, wenn der Lautstärkepegel des Störgeräusches 5 dB(A) höher ist als das Signal. Für Hörbehinderte muss das Sprachsignal sogar 15 dB(A) lauter sein als die Störquelle. Da wir aber nicht beliebig laut sprechen können, resp. als Hörende auch nicht beliebige Lautstärken ertragen können, dürfen Störgeräusche eine bestimmte Schwelle nicht überschreiten. Die Anforderungen zum zulässigen Störgeräusch sind in der folgenden Tabelle aus der DIN 18041 zusammengefasst:

Schalltechnische Anforderungen an die Raumnutzung	Störgeräuschpegel L_{NA} dB	Eignung ^a für eine Entfernung Sprecher-Hörer		Eignung ^a für Personen mit Hörverlusten	Eignung ^a für die Wahrnehmung schwieriger oder fremdsprachiger Texte
		mittlere ^{b,c}	grössere ^b		
I (mindest)	≤ 40	+	-	-	-
II (mittlere)	≤ 35	+	o	o	o
III (hohe)	≤ 30	+	+	+	+

^a) "+" geeignet, "o" bedingt geeignet, "-" nicht geeignet
^b) Für eine mittlere Entfernung zwischen Sprecher und Hörer kann üblicherweise ein Abstand von 5 m bis 8 m, für grössere Entfernungen > 8 m, angenommen werden.
^c) Auch geeignet für geringere Entfernungen zwischen Sprecher und Hörer bis etwa 5 m.

Tabelle 1: Einstufung der zulässigen Störgeräuschpegel in dB(A) gemäss DIN 18041

Störende Lärmquellen im Raum selber wie Hellraumprojektoren, Beamer etc. müssen entsprechend den obigen Forderungen dimensioniert und evaluiert werden. Für Lärmquellen ausserhalb des Raumes (beispielweise Strassenlärm, Lärm von anderen Räumen des Gebäudes, Treppenhaus) sind in der Schweiz die Anforderungen der SIA 181 Schallschutz im Hochbau anzuwenden (vgl. Eggenschwiler 2005, S.4ff).

2.3.3 Kurze Nachhallzeit gemäss DIN 18041

In der DIN 18041 sind nach dem heutigen Stand des Wissens die optimalen Nachhallzeiten für Schulzimmer und Auditorien festgelegt. Für Unterrichtsräume werden in der DIN die folgenden Anforderungen gestellt: Der Sollwert der Nachhallzeit T_{soll} in Sekunden als Mittelwert der Oktavbänder 500 Hz und 1000 Hz wird abhängig vom Raumvolumen V in m^3 nach der Formel $T_{soll} = - 0.17 + 0.32 \cdot \log(V)$ berechnet. Siehe dazu Diagramm 1:

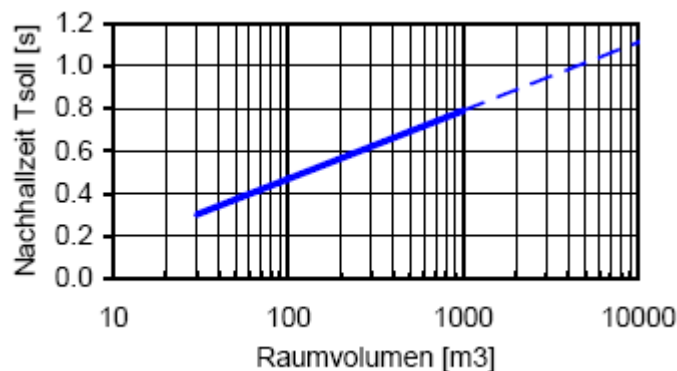


Diagramm 1: Sollwert T_{soll} der gemittelten Nachhallzeit zwischen 500 HZ und 1000 Hz im besetzten Zustand für Räume im Unterricht gemäss DIN 18041

Aus diesem Umstand in Abhängigkeit von der Frequenz der Sprache ergibt sich folgender anzustrebender Toleranzbereich:

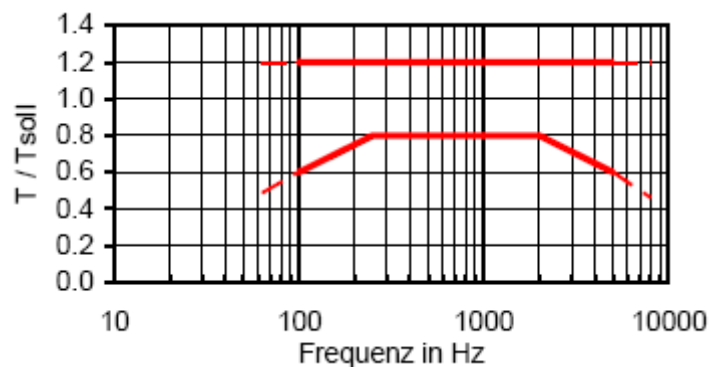


Diagramm 2: Toleranzbereich der empfohlenen Nachhallzeit in Abhängigkeit von der Frequenz für Sprache gemäss DIN 18041

2.3.4 Gute Raumform

Die Schlussfolgerung aus den Forschungsergebnissen (vgl. u.a. Kapitel 2.1) sollte und kann nicht die Einforderung von totaler Ruhe in Schulklassen sein. Gerade die Veränderungen in den Unterrichtsformen, die weg vom traditionellen Frontalunterricht und hin zum offenen Unterricht mit Förderung des selbstbestimmten Lernens führen, sind zwangsläufig mit einem Anstieg des Lärmpegels in der Klasse verbunden. Daher erscheint es aus diesem Grund dringend notwendig, die Klassenräume so zu gestalten, dass potenzielle negative Begleiteffekte dieser positiven unterrichtspädagogischen Entwicklung verhindert oder zumindest minimiert werden.

In Einzelfällen genügt die Erneuerung von Filzunterlagen an Stühlen, Tischen etc. oder beispielsweise das Überprüfen von quietschender oder klappernder Schubladen etc. Vielerorts genügt dieses Vorgehen allerdings nicht und es ist eine raumakustische Sanierung durch die Installation von schallabsorbierenden Wand- und/ oder Deckenverkleidungen notwendig (vgl. Klatte et al. 2002, S. 7ff). Nebst dem Direktschall sind dabei frühe Schallreflexionen an Wänden oder Decke zu fördern, weil diese das Sprachverständnis verbessern und zu einer ausgeglicheneren Pegelverteilung im Klassenzimmer führen. Späte Schallreflexionen (50 Tausendstel Sekunden nach dem Direktschall) sind hingegen zu unterbinden, weil sie als Nachhall, Echos oder Flatterechos wahrgenommen werden. Echos und Flatterechos können mit geometrischen Mitteln bereits im Planungsstadium eruiert und damit unterbunden werden (vgl. Eggenschwiler 2005, S. 6ff).

3 Subjektive Einschätzung der Sprechstimme und Hörumgebung in Schulzimmern

3.1 Die Studie von Meis

Im Rahmen einer Laborstudie gelang es Markus Meis und seinem Forschungsteam 2005 zu beweisen, dass der Einsatz von Klangdeskriptoren möglich ist, dass der Mensch Nachhallzeiten zwischen 0.55 Sekunden und 0.8 Sekunden deutlich differenzieren kann und dass dieser subjektive Eindruck mittels einer Vier-Faktorenstruktur beschreibbar ist. Meis unterscheidet dabei zwischen:

- Faktor 1: Akustischer Komfort / Akzeptanz (Pleasant)
(deutlich – undeutlich, angenehm – unangenehm, anstrengend – mühelos, hallig – trocken)
- Faktor 2: Rauigkeit (Roughness)
(rau – glatt, brummig- hell)
- Faktor 3: (Metallic)
(klirrend – gedämmt)
- Faktor 4: Dynamik (Powerful)
(laut – leise) (vgl. Meis et al. 2005, S. 1)

Die insgesamt 311 Probanden, die allesamt über keine Vorkenntnisse im Bereich Raumakustik verfügten, beurteilten im ersten Teil der Untersuchung mittels eines Polaritätenprofils mit fünfstufigen Ratingskalen die Sprechstimme in verschiedenen Seminarräumen der Fachhochschule und Universität Oldenburg. Das Polaritätenprofil basiert auf den oben erwähnten Faktoren (vgl. dazu auch Polaritätenprofil in Kapitel 3.2).

In einem zweiten Teil der Studie wurden den Probanden zwölf andere Fragen zu akustischen und nicht-akustischen Eigenschaften der Seminarräume gestellt, zum Beispiel zur Geräuschkulisse der Kommilitonen oder zur Raumluft.

Die von den Probanden erhaltenen Ergebnisse wurden anschliessend mit den raumakustischen Messungen der Versuchsräume verglichen. Dabei wurde festgestellt, dass die objektiven Messungen durchaus mit den subjektiven Einschätzungen

korrelierten. Obwohl der Mensch also fähig ist, die Hörsamkeit von Räumen einzuschätzen und diese nach ihrer Frequenzcharakteristik zu differenzieren, gelang es den Probanden nicht, zwischen zwei Räumen mit identischen gemittelten Nachhallzeiten zu unterscheiden, wenn der Frequenzverlauf in den Räumen nicht derselbe war (Meis et al. 2005, S. 2).

3.2 Vorgehen bei eigener Untersuchung

Getreu dem Vorgehen von Meis ist auch das Vorgehen bei der eigenen Untersuchung in Schulzimmern zweiteilig. Dabei wird im ersten Teil die Sprachverständlichkeit im Zimmer untersucht. An jeweils drei verschiedenen Positionen im Raum analysiere ich als Proband die Sprachverständlichkeit des Lesers eines beliebigen Hörbuchs. Als Schallquelle dient mir ein portabler Radio-/ CD- Player, der jeweils dort platziert wird, wo im regulären Unterricht die Lehrperson stehen würde. Bei dieser Versuchsanordnung erscheint es als Notwendigkeit, dass ich den vorgelesenen Text im voraus nicht kenne. Nur so ist ein konzentriertes Hinhören meinerseits möglich, welches beeinflusst wird, wenn ich den vorgelesenen Text schon (auswendig) kennen würde. Die Sprachanalyse wird mittels des unten abgebildeten Polaritätenprofils von Meis festgehalten.

	extrem	sehr	eher	teils – teils	eher	sehr	extrem	
deutlich	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	undeutlich
dröhnend	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	klar
angenehm	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	unangenehm
hallig	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	trocken
anstrengend	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	müheles
klirrend	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	gedämmt

Tabelle 2: Polaritätenprofil (nach Meis 2005)

Da sämtliche Untersuchungen in leeren Räumen abends stattfinden, fallen für den zweiten Teil der Untersuchung Fragen wie beispielsweise zum Geräuschpegel der MitschülerInnen weg. Es werden also folgende relevante Fragen zum Raum gestellt:

- Ist der Raum akustisch behandelt?
- Enthält der Raum schallabsorbierende /schallharte Flächen?
- Sind Störgeräusche auszumachen?

3.3 Ergebnisse der Untersuchung

Die nachfolgenden Ergebnisse stammen sowohl aus Untersuchungen

- in Schulräumen der Pädagogischen Hochschule FHNW in Aarau (Reithalle)

als auch

- aus Räumlichkeiten des Oberstufenverband Unteres Aaretal OSUA in Klingnau.

Da die Räume der FHNW bereits akustisch vermessen sind, können die Ergebnisse mit den gemessenen frequenzabhängigen Nachhallzeiten verglichen werden. Die Kurven der mittleren Nachhallzeiten im Mitteltonbereich werden als Grafiken mitgeliefert. Weil zu den Räumen aus Klingnau keine akustischen Vermessungsdaten existieren, wird den gemachten Untersuchungen ein Grundriss des Raumes mitgeliefert.

3.3.1 Schulzimmer FHNW Raum D.109

Der grosse Holzsaal der Reithalle zeichnet sich durch seinen extremen Hall aus. Dieser ist derart ausgeprägt, dass bereits jeder Schritt auf dem lackierten Holzboden zu einem doch ziemlich lauten und störenden Geräusch wird. Der Raum, in welchem viel schallabsorbierendes Holz verbaut wurde (was eigentlich gegen den extremen Nachhall spricht) ist akustisch gesehen nicht behandelt.

Mit der in der Testreihe verwendeten Lautstärke der Schallquelle ist es im hinteren Teil des Raumes nicht mehr möglich, die Sprechstimme zu verstehen. Die für einen Unterrichtsraum riesige Distanz und der Hall spielen zusammen, sodass ein undeutliches etwas dröhnendes Geräusch beim Probanden ankommt. Dabei kommt hinzu, dass der wichtige Direktschall von einzelnen Holzträgern gestört wird. Ebenso störend sind Nebengeräusche, die im Raum wahrgenommen werden können. Die Geräusche dringen von Aussen durch die grossen Fenster an der Rückwand in den Raum ein. Es handelt sich dabei um Strassenlärm, von Passanten wie auch motorisierten Fahrzeugen, und den Lärm der nahen Kirchenglocken (vgl. Anhang, Polaritätenprofile).

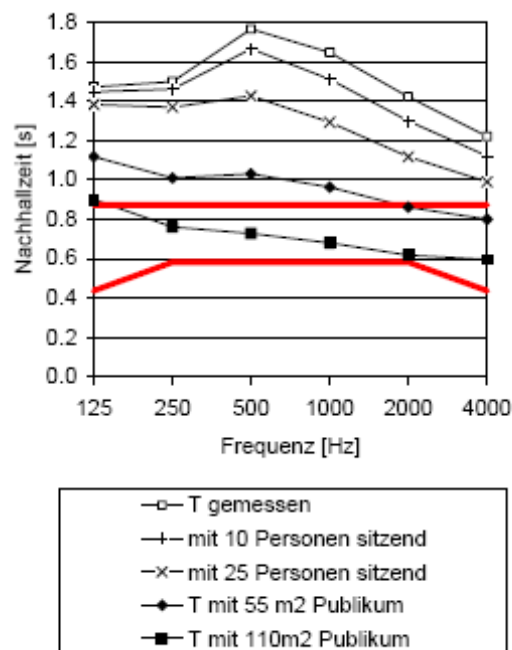


Diagramm 3: Mittlere Nachhallzeiten im Mitteltonbereich für Raum D 109.
Grenzbereich für optimalen Unterricht

3.3.2 Schulzimmer FHNW D.103

Das Zimmer 103 vertritt bei den untersuchten Schulzimmern ‚das gewöhnliche Schulzimmer‘, so wie es in Schulhäusern vielerorts vorkommen kann. Drei Wände des Raumes sind mit Feinabrieb verputzt, die fehlende Seite wird zur Fensterfront. Die akustischen Verhältnisse, welche im Raum vorherrschen, sind ansprechend. Dies obwohl beim Bau eigentlich nur schallharte Materialien verwendet wurden. Dadurch ist der Raum nicht ganz hallfrei. Die Stimme der Klangquelle erscheint tendenziell in der Mitte des Raumes etwas deutlicher als den Wänden entlang. Der geringe Hall im Raum stört bei der Versuchsreihe nicht und schlägt sich auch nicht merklich auf die Sprachverständlichkeit aus. Störgeräusche im Raum selber gibt es keine. Allerdings können Geräusche des Militärbetriebs der gegenüberliegenden Kaserne Aarau durch die Fenster in den Raum eindringen und wesentlichen Lärm verursachen. Als bemerkenswerten Nachtrag gilt es anzufügen, dass beim lauten Klatschen im leeren Raum, bedingt durch die parallelen Wände, Flatterechos entstehen (vgl. Anhang, Polaritätenprofile).

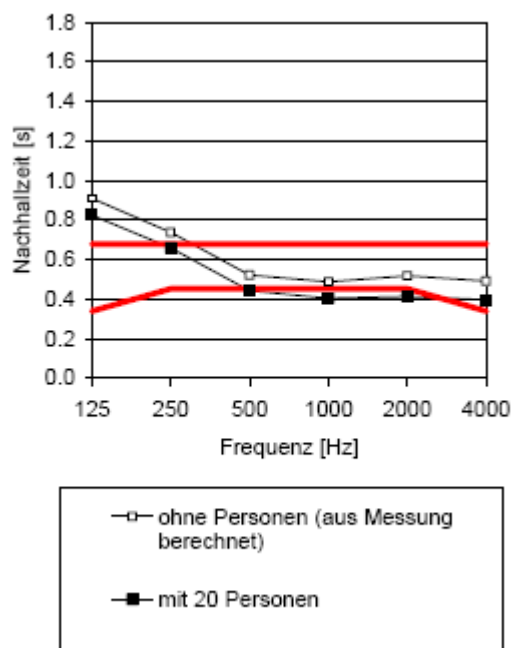


Diagramm 4: Mittlere Nachhallzeiten im Mitteltonbereich für Raum D 103.
Grenzbereich für optimalen Unterricht

3.3.3 Schulzimmer FHNW Tonstudio

Das Tonstudio (auch Sauna genannt) verfügt über sehr ausgeprägte akustische Verhältnisse. Mit einem Raumvolumen von 89 Kubikmetern ist die Sauna der kleinste getestete Raum. Sämtliche Materialien, die darin verbaut wurden, sind in einem hohen Grad schallabsorbierend. Die Wände verlaufen nicht gerade, sondern weisen kleine Winkel auf, an welchen sich der Schall brechen kann. Es darf von Laborbedingungen gesprochen werden, denn kein Schulzimmer wird jemals annähernd ähnliche Eigenschaften aufweisen wie das Tonstudio.

Die Sprachverständlichkeit ist dann in der Tat sehr hoch, was auch die hohen STI Werte der Messung bestätigen (vgl. Eggenschwiler 2005). Die Stimme ist klar und deutlich zu verstehen, egal wo sich der Proband im Zimmer aufhält. Die Akustik ist so trocken und gedämpft, dass es beinahe schon wieder unangenehm ist, da der Mensch nicht an derartige Bedingungen gewöhnt ist. Ebenso unangenehm ist das ständige und penetrante Geräusch, welches die Raumlüftung von sich gibt (vgl. Anhang, Polaritätenprofile).

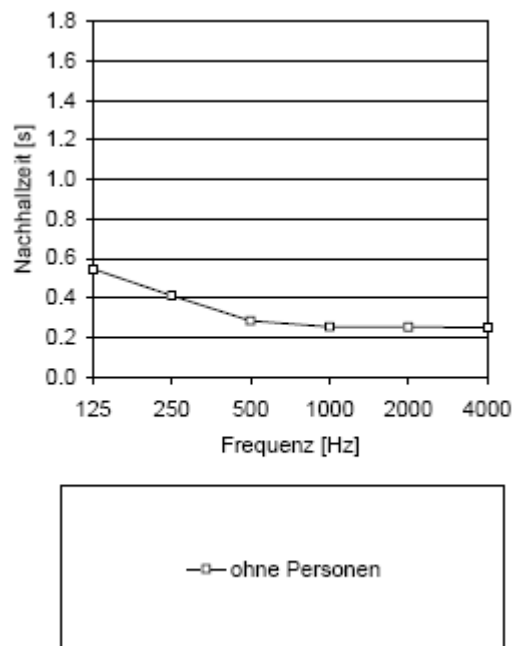
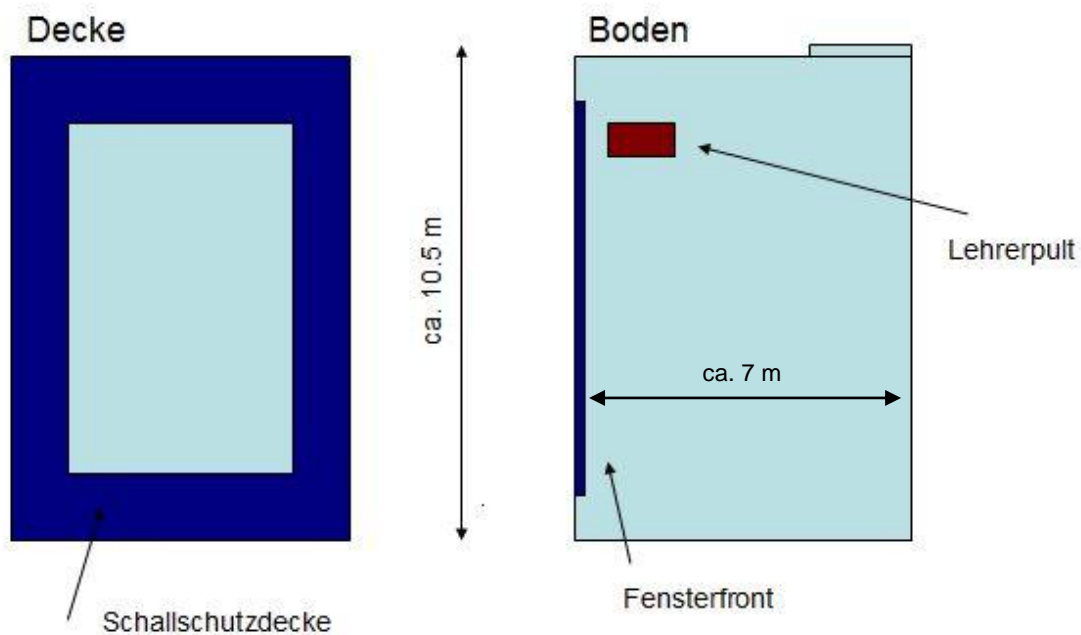


Diagramm 5: Mittlere Nachhallzeiten im Mitteltonbereich für Tonstudio FHNW.

3.3.4 Schulzimmer OSUA SS Bez

Den grossen Singsaal (Musikzimmer) der Bezirksschule taxiere ich als sehr hallig und klirrend. Dies erstaunt auf den ersten Blick umsomehr, als dass die Decke des Raumes mit Akustikdecken ausgestattet ist. Bei einer genaueren Betrachtung relativiert sich jedoch diese Tatsache. So weist der Raum, ausgenommen die Schallschutzdecken, keinerlei schallabsorbierende Materialien auf. An der wichtigen Rückwand ist auf der gesamten Höhe des Raumes ein ca. drei Meter breiter Spiegel montiert, der wesentlich zu längerem Nachhall beitragen kann. Ebenso sind auf der gesamten Länge der linken Seite des Raumes Fenster angebracht, die mit ihrem Glas die Schallwellen ebenfalls zurückwerfen. Die Wandflächen des Raumes sind mit einem Feinabrieb verputzt und der Boden mit PVC (Novilon) ausgekleidet. Hinzu kommt das mit Abstand grösste Raumvolumen der untersuchten Klingnauer Räume. So erscheint es, trotz akustischer Behandlung, durchaus als logisch, dass der Singsaal der Bez extrem nachhallt. Ebenso ist es eine Tatsache, dass die Sprachverständlichkeit merklich abnimmt, je weiter man sich von der Schallquelle entfernt. Unterschiede bezüglich der Position, die man dabei einnimmt (links oder rechts), können keine eruiert werden. Störgeräusche können im Raum keine ausgemacht werden (vgl. Anhang, Polaritätenprofile).

Grundriss Singsaal Bez

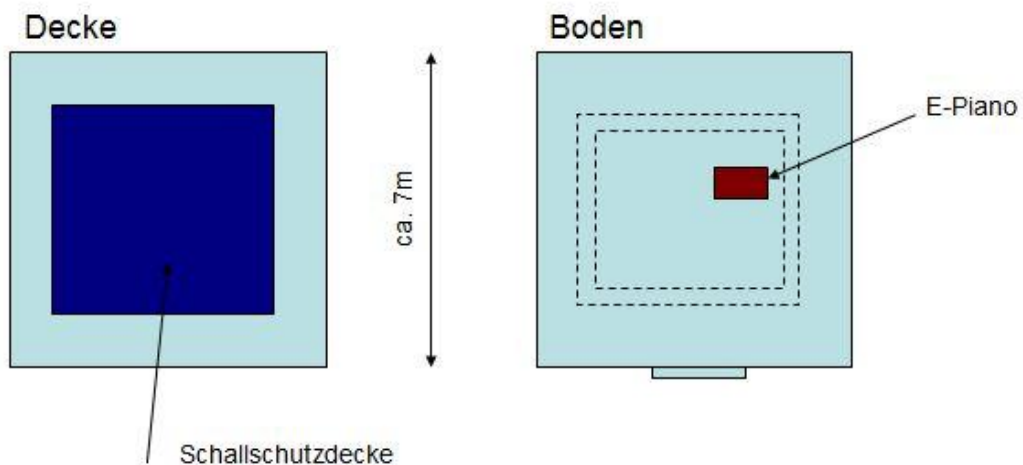


Grafik 1: Grundriss des Singsaales der Bezirksschule

3.3.5 Schulzimmer OSUA SS Sek

Das neueste der untersuchten Zimmer ist der Singsaal der Sekundarschule. Der gestufte Raum, dessen Mittelfläche ca. einen Meter tiefer liegt als die Eingangstür, befindet sich direkt unter dem Turnhallenboden und wurde vor seinem Umbau vor drei Jahren als Schwingkeller genutzt. Als Musikraum für die Sekundarschule wird er ebenfalls für die Musikgrundschule sowie für den Trommelunterricht (individueller Instrumentalunterricht) genutzt. Daher scheint es auch zweckmässig, dass der Raum über eine Schallschutzdecke verfügt. Die Anordnung der schallabsorbierenden Platten ist allerdings aussergewöhnlich, denn anstatt wie üblich (vgl. dazu Schallschutzplatten im Singsaal der Bezirksschule), ist der Schallschutz flächendeckend an der Decke über der vertieften Mitte des Raumes angebracht. Das heisst: der Boden des Raumes verfügt über verschiedene Ebenen und gleicht ein wenig einer Arena. In der ‚Arena‘ überzeugt die Akustik. Die Sprache ist unter den Schallschutzplatten überall gleich gut verständlich und klar. Dies gilt aber nur für die Mittelfläche. Im höher gelegenen Aussen-Ring ist der Einfluss der Betonwände, bzw. der Fensterfront nicht zu überhören. Da dies den Unterricht allerdings nicht tangiert, darf trotzdem von einer sehr gelungenen Akustik gesprochen werden (vgl. Anhang, Polaritätenprofile).

Grundriss Singsaal Sek



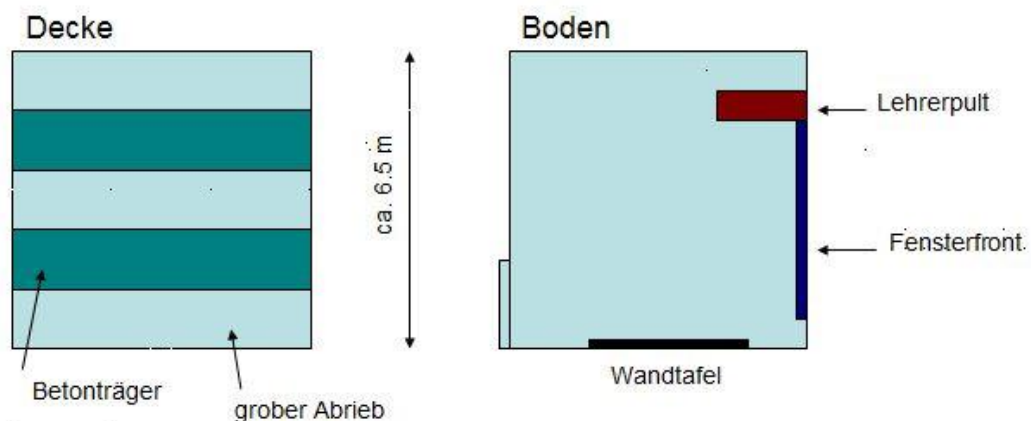
Grafik 2: Grundriss des Singsaales der Sekundarschule

3.3.6 Schulzimmer OSUA KZ Sek

Das Schulzimmer an der Sekundarschule überzeugt im grossen und ganzen. Weil es nicht für den Musikunterricht genutzt wird, ist es auch nicht speziell akustisch behandelt. Die Decke des Raumes wird von zwei mächtigen Betonträgern gehalten. Sie „hängen“ aus der mit Grobabrieb behandelten Decke in den Raum, was bedeutet, dass sich der Schall dort bricht und reflektiert wird. Der Boden des Raumes ist mit einem Spannteppich ausgekleidet. Und die grosse Fensterwand auf der rechten Seite des Raumes weist auch verhältnismässig viel schallabsorbierende Flächen auf. Die breiten Fensterrahmen sind nämlich aus geöltem Holz. Als störend wird ein lautes Rauschen der Halterung einer Röhrenlampe empfunden. Das Rauschen tritt nur aber nur bei eingeschaltetem Licht auf, das heisst, wenn Strom fliesst. Gerade aber bei absoluter Stille, wie sie in der Versuchsanordnung herrschte, erscheint dieses Geräusch als störend.

Die Sprachverständlichkeit ist an verschiedenen Punkten im Raum gut. Einzig in der Nähe der schallharten Wände müssen einige Abstriche gemacht werden. Die Stimme des Hörbuchlesers klingt aber angenehm (vgl. Anhang, Polaritätenprofile).

Grundriss Klassenzimmer Sek

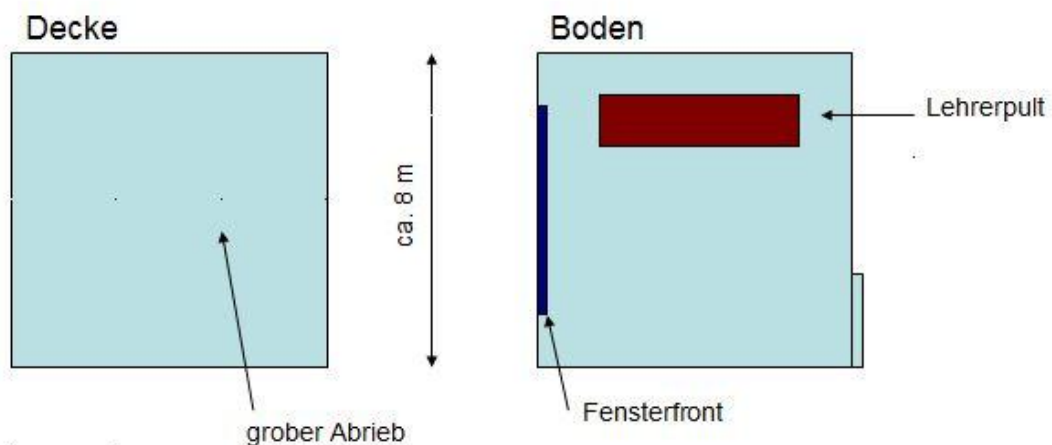


Grafik 3: Grundriss des Klassenzimmers Sekundarschule

3.3.7 Schulzimmer OSUA NaWi Bez

Das Naturwissenschafts-Zimmer der Bezirksschule verfügt über viele schallharte Flächen. So ist der Boden aus PVC, auf der linken Seite ist eine grosse Fensterfront angebracht und der Raum ist im Gegensatz zu gewöhnlichen Schulzimmern etwas höher. Die Nachhallzeiten fallen daher ein wenig länger aus, wodurch der Raum tendenziell eher hallig ist. An dieser Tatsache kann auch der Wandteppich (bis ca. 2 Meter Höhe) an der Rückseite des Raumes nicht viel bewirken. Durch seine Grösse bedingt ist es auffallend, dass in der hintersten Reihe das Volumen der Stimme schon deutlich abgenommen hat. Zusammen mit dem Hall ist es dort für den Hörenden eher anstrengend, einem Sprecher zuzuhören, weil einzelne Wörter und Silben nicht mehr ganz klar bei der Ohrmuschel ankommen. Ebenso ist es entlang der Wände schwieriger, die Stimme aus dem CD-Player zu verstehen als in der Mitte des Raumes. Störgeräusche sind keine auszumachen (vgl. Anhang, Polaritätenprofile).

Grundriss NaWi Zimmer Bez



Grafik 4: Grundriss des Naturwissenschafts-Zimmers Bezirksschule

4 Diskussion

Dass die Forschungsarbeit über Raumakustik in Schulräumen, welche vor allem in der letzten Dekade intensiv betrieben wurde, und deren Folgen für SuS und auch Lehrpersonen durchaus von grosser Relevanz sind, haben die Untersuchungen in den sieben verschiedenen Klassenzimmern vollumfänglich bestätigt. Jedes Zimmer klingt anders, und jedes Zimmer hat unterschiedliche Auswirkungen auf diejenigen Personen, die sich darin aufhalten und interagieren. Daher fällt es mir auch schwer, die untersuchten Räume miteinander zu vergleichen.

Durch die Untersuchungen an der FHNW in Aarau habe ich zunächst ein Bild dreier ganz verschiedener Räume vermittelt bekommen. So repräsentiert das Zimmer D.109 den extrem halligen Raum und das Tonstudio eine extrem trockene Räumlichkeit. Sie bilden quasi die beiden entgegengesetzten Extreme. Das Zimmer D.106 verkörpert für mich das durchschnittliche Schulzimmer. Es entspricht vom Raumvolumen, der Bauweise und der Einrichtung her am ehesten einem Schulzimmer, wie es in manchen Schulhäusern in der Schweiz vorkommen könnte. Die subjektiven Messdaten, welche ich an der Oberstufe in Klingnau erhoben habe, fallen weniger extrem aus, was wiederum zu Schwierigkeiten bei der Beschreibung der Sprechstimme geführt hat. Nicht immer war ein ausgeprägter Unterschied zu hören, wie das in Aarau der Fall war. Die Untersuchungen erforderten daher eine höhere Konzentration und waren insgesamt auch etwas zeitaufwändiger. Teilweise sind es nur Nuancen, die zur definitiven Entscheidung geführt haben. Und genau dort sehe ich auch ein grosses Potenzial für Fehleinschätzungen. Ich befürchte nämlich, dass der Mensch nicht zu einhundert Prozent fähig ist, das akustische Vermögen eines Raumes korrekt einzuschätzen, wenn er durch das Optische abgelenkt wird. Die Architektur und die Ästhetik des Raumes könnten gerade in Situationen, in welchen eine Diskriminierung der Sprechstimme schwer fällt, mitentscheidend wirken. Ob dieser Vermutung künftig Rechnung getragen werden muss, müsste durch eine geeignete Versuchsanordnung weiter untersucht werden. Die ermittelten Werte der OSUA Schulzimmer bewegen sich also innerhalb des Spektrums der beiden Extremräume aus Aarau. Eine Rangierung der Räume nach dem Kriterium ‚Unterrichtstauglichkeit‘ ergibt Folgendes: Auf dem letzten Rang sehe ich gemeinsam die Schulzimmer der Bezirksschule, da das Zuhören in beiden Räumen eher als anstrengend empfunden wird. Obwohl der Singsaal im Test schlechter abgeschnitten hat als das NaWi-Zimmer, belegen sie gemeinsam den letzten Rang. Dies kann damit erklärt werden, dass Musik, die im Singsaal ertönt, sehr gut klingt, weil sie länger nachhallen kann. Da aber auch während des Musikunterrichts mündlich kommuniziert wird, bleibt schlussendlich der letzte Rang

bestehen. Auf dem zweiten Rang sehe ich das Klassenzimmer der Sekundarschule. Es kann von seinen akustischen Eigenschaften an ehesten mit dem Zimmer D.106 aus Aarau verglichen werden. Den Singsaal der Sekundarschule empfinde ich für den Unterricht als sehr gut geeignet, solange man sich unter der Schallschutzdecke bewegt. Daher geht dieser Raum als Testsieger der Klingnauer Schulzimmer hervor.

Weil aber sämtliche Hörversuche ausserhalb der regulären Schulzeiten am Abend stattgefunden haben, repräsentieren die Messdaten allesamt die Empfindung der Sprechstimme und Hörumgebung in menschenleeren Räumen. Authentische Unterrichtsbedingungen konnten also nicht getestet werden. Dass durch die Abwesenheit von Personen im Raum zwangsläufig ein etwas längerer Nachhall entsteht, das Resultat der gemachten Messungen also leicht verzerrt ist, kann an den simulierten Kurven der Messreihe von Eggenschwiler an der FHNW Aarau abgelesen werden (vgl. Diagramme Kapitel 3.3.1 – 3.3.3). Ebenso geben die erhobenen Daten keinen Aufschluss über allfällige Störgeräusche, die sich während des Unterrichts ergeben. Zu erwähnen ist an dieser Stelle die Hellhörigkeit der Räume. Besonders beim Singsaal der Sekundarschule, welcher sich direkt unter dem Turnhallenboden befindet, drängen sich einige Fragen zu Störgeräuschen auf. Diese können aber in dieser Arbeit nicht beantwortet werden. Die Frage nach unregelmässigen Störgeräuschen schätze ich als wichtig ein, weil gerade dieser Lärm die Gedächtnisleistung von Jugendlichen und hörbehinderten Menschen empfindlich verringert (vgl. Klatte et al. 2002, S. 6ff).

Im Bezug auf den zweiten Hauptteil dieser Arbeit können folgende Schlüsse gezogen werden: Eine Durchführung der Versuchsanordnung nach Meis ist mit SuS der Sekundarstufe I möglich. Da subjektive Einschätzungen der Sprechstimme und Hörumgebung allerdings viel Konzentration und Genauigkeit bei der Arbeit erfordern, plane ich die Lektionsreihe für eine Bezirksschulklasse. Ansonsten besteht die Gefahr, dass während der Untersuchungen keine ausreichenden Ergebnisse ermittelt werden können. Ebenso erachte ich es als sinnvoll anstatt ganzer Lektionen thematische Blöcke von ca. 30 Minuten Dauer zu planen. Dies ermöglicht, dass jedes Mal aufs Neue konzentriert und motiviert an einem Auftrag gearbeitet werden kann. Didaktisch betrachtet, bringt es für die SuS eine zusätzliche Abwechslung, da die nicht verwendete Zeit der Lektion beispielsweise zum gemeinsamen Singen eingesetzt werden kann. Die Durchführung der Lektionsreihe mit einer Bezirksschulklasse ermöglicht es auch, dass einige (anspruchsvollere) theoretisch-physikalische Aspekte über Akustik mit in die Lektionsreihe eingebaut werden können. Ohne Anbindung an theoretisches Vorwissen fehlt den SuS das Fundament, um sich über akustische Phänomene zu unterhalten. Die fertige Lektionsreihe kann dem folgenden Kapitel entnommen werden.

5 Lektionsreihe Schulraumakustik

Wie bereits erwähnt, zielen die nachfolgenden Lektionsplanungen auf Bezirksschulniveau ab. Ich würde die Reihe am Ende des zweiten Jahres durchführen, wenn die SuS also noch keinen Physikunterricht besucht haben, aber dennoch alt genug sind, abstrakte Vorgänge (bspw. Fortpflanzung von Schallwellen im Raum) zu begreifen.

Die Lektionsreihe beinhaltet neun Sequenzen von je einer halben Stunde Dauer, wobei die letzte Sequenz auch als Lernkontrolle eingesetzt werden kann.

5.1 Ziele

Der Schwerpunkt der Reihe liegt auf der subjektiven Einschätzung von Sprechstimmen und Hörumgebungen, wie sie Meis vorschlägt. Die SuS sollen am Ende der Lektionsreihe fähig sein, einen beliebigen Raum akustisch einzuschätzen und zu charakterisieren. Weitere Ziele, die mit der Lektionsreihe erreicht werden sollten, sind direkt in den Lektionsskizzen angegeben (vgl. Kapitel 5.2).

5.2 Lektionsskizzen

1. Sequenz

Thema: Schall, Schallpegel			
Lernziele: SuS wissen, dass Schall = physikalisches Grösse (Schall = Welle) / Frequenz = Höhe / Schalldruck = Lautstärke / kennen die Schmerzgrenze			
Zeit	Unterrichtsverlauf	Organisation	Didaktischer Kommentar
5 min	Ein Sprichwort sagt: C'est le ton qui fait la musique. Aber, woher kommt der Ton? Was ist ein Ton? Versucht dies einander gegenseitig zu erklären und beschreiben!	Plenum, PA mit Nachbar/in	

15 min	Lektüre der Seiten 1-7 in der Suva-Broschüre ‚Musik und Hörschäden‘ (Suva 09)	EA	Die Broschüre kann auf der Homepage der Suva (www.suva.ch) gratis bezogen werden.
10 min	Beantwortung von SuS-Fragen / Auswertung des Gelesenen anhand einer Oszilloskop Demonstration mit dem Computerprogramm ‚Audacity‘ / Beliebige Tonaufnahme (bspw. Lied ab CD) verwenden	Lehrgespräch	Das Programm ‚Audacity‘ ist eine Freeware und kann unter http://audacity.sourceforge.net/ gratis heruntergeladen werden. Festigung der Lernziele durch die Demonstration / Beweis des Gelesenen

2. Sequenz

Thema: Gehörprävention, Schallpegelmessungen			
Lernziele: SuS können Lautstärken bewerten / wissen, ob ihr Gehör gefährdet ist / werden nachhaltig für das Thema Gehörschäden sensibilisiert			
Zeit	Unterrichtsverlauf	Organisation	Didaktischer Kommentar
5 min	Offene Frage: Wer hört Musik mit Kopfhörern? Wie laut? Wie lange? Wie oft?	Plenum, Lehrgespräch	SuS reflektieren ihr eigenes Verhalten Die Frage ‚Wie laut?‘ ermöglicht ein Vergleich mit der Grafik auf S. 4 der Broschüre
15 min	Schallpegelmessungen mit einem dB-Messgerät (Hinweise zur Anschaffung in Suva-Broschüre)	Messung durch LP, angeleitet und angeregt durch	Messen von Lautstärken, die sich während des Musikunterrichts ergeben (bspw. beim Singen eines

10 min	Lektüre S. 11 – 13 in der Suva-Broschüre	Ideen der SuS EA	Liedes / Hören von Musik / Wer kann am lautesten Schreien? / Wie laut tönt ein Schlagzeug... usw.) SuS vertiefen sich im Hinblick auf die Lernziele erneut mit der Thematik von Gehörschäden
--------	--	-------------------------	---

3. Sequenz

Thema: Störgeräusche und deren Auswirkungen auf das Lernen			
Lernziele: wissen und erfahren, dass Störgeräusche das Lernen negativ beeinflussen			
Zeit	Unterrichtsverlauf	Organisation	Didaktischer Kommentar
5 min	Leseauftrag: SuS lesen in der Broschüre weiter, während die LP absichtlich Störgeräusche produziert (bspw. mit Tisch, Stuhl, Musikanlage... usw.)	EA	SuS erfahren selbst, dass Geräusche die Konzentration und die Gedächtnisleistung beeinträchtigen
5 min	Offene Frage: Was habt ihr gelesen? Was konntet ihr euch merken? Gab es Schwierigkeiten?	Plenum	Reflexion des Lesevorgangs
10 min	Erneuter Leseauftrag, allerdings bei absoluter Stille.	EA	
10 min	Auswertung zweite Lesephase und Vergleich	Diskussion	Reflexion und Sensibilisierung des eigenen Lernverhaltens

4. Sequenz

Thema: Eruieren von Störgeräuschen im Schulhaus			
Lernziele: SuS setzen sich aktiv mit Störgeräuschen auseinander, die sie direkt betreffen / suchen Lösungen, um Störgeräusche zu vermeiden			
Zeit	Unterrichtsverlauf	Organisation	Didaktischer Kommentar
15 min	Dreiteiliger Arbeitsauftrag: 1. Eruieren von Störgeräuschen im Schulhaus und auf dem Schulhof 2. Beschreiben der Störquelle 3. Mögliche Lösung zur Beseitigung des Lärms finden	GA, 3-4er Gruppen	Auftrag fordert SuS zur Selbsttätigkeit auf und verlangt durch die Frage nach der Problemlösung eine vertiefte Analyse der Umstände
15 min	Präsentation der Gruppenarbeit im Plenum	Gruppen- Vortrag	Fördert Entscheidungs- und Auftrittskompetenz

5. Sequenz

Thema: Wann klingt ein Raum gut? Nachhallzeit			
Lernziele: SuS wissen, was Nachhall ist und wodurch er entscheidend beeinflusst wird			
Zeit	Unterrichtsverlauf	Organisation	Didaktischer Kommentar
10 min	Auflegen eines Diagramms mit Kurven einer Messung der mittleren Nachhallzeiten für den Mitteltonbereich (vgl. Diagramme 1-5) Offene Frage: Was ist abzulesen? Erklärt einander gegenseitig!	OHP PA	SuS vertiefen sich erneut mit dem theoretischen Input aus den ersten Lektionen / Anwendung

5 min	Auswertung der PA	Plenum	
15 min	Vortrag über die Akustik des KKL Luzern	Vortrag LP	SuS wissen, dass die Akustik eines Raumes kein Zufallsprodukt ist, sondern bereits in der Planungsphase des Bauwerks berücksichtigt werden muss

6. Sequenz

Thema: Subjektive Einschätzung der Sprechstimme und Hörumgebung nach Meis			
Lernziele: SuS erfahren, dass eine Sprechstimme nicht an allen Positionen eines Raumes gleich empfunden wird / kreieren eine Versuchsanordnung, um Räume selbst bewerten zu können			
Zeit	Unterrichtsverlauf	Organisation	Didaktischer Kommentar
5 min	<p>Abspielen eines Textes (evtl. Radiosendung) bei geringer Lautstärke.</p> <p>SuS positionieren sich in drei Gruppen: Gruppe 1 sitzt nahe bei der Schallquelle, Gruppe 2 weiter weg und Gruppe drei hat den grössten Abstand zur Schallquelle</p> <p>Arbeitsauftrag im Anschluss an den Hörauftrag in Gruppen erarbeiten: Welche Phoneme (Wörter, Konsonanten, Vokale) versteht man gut, welche nicht?</p>	<p>Klasse in 3 Gruppen aufteilen</p> <p>Abspielen eines Textes über die Musikanlage</p>	<p>Durch den Wechsel der Positionen erfahren alle SuS die Unterschiedlichkeit</p>

5 min	Positionenwechsel 1		
5 min	Positionenwechsel 2 mit gleichzeitiger Einführung des Polaritätenprofils (vgl. Meis et al. 2005, S. 2) für den letzten Durchlauf	Aushändigen von Polaritätenprofilen	
10 min	Auswertung des Versuchs	Diskussion	Austauschen von Schwierigkeiten / Klärung von Unklarheiten bezüglich Polaritätenprofil
5 min	Ausblick / Organisation der Folgestunde: Bildung von 3-4er Gruppen, Raumzuteilung	Plenum	

7. Sequenz

Thema: Subjektive Einschätzung der Sprechstimme und Hörumgebung nach Meis			
Lernziele: SuS bewerten Schulräume anhand des Polaritätenprofils von Meis			
Zeit	Unterrichtsverlauf	Organisation	Didaktischer Kommentar
5 min	Erklärungen zur subjektiven Einschätzung vom Schulzimmer, Ziel bekannt geben, Versuchsanordnung erklären	Vortrag LP, Aushändigen der Polaritätenprofile	LP nimmt Rolle als Lernberater wahr
25 min	Arbeitsphase in Gruppen	3-4er Gruppen	

8. Sequenz

Thema: Auswertung der Messdaten, Folgen?			
Lernziele: SuS präsentieren ihre eigenen Ergebnisse dem Plenum / diskutieren über die Resultate, indem sie sie bewerten und mögliche Folgen für SuS und LP daraus ableiten			
Zeit	Unterrichtsverlauf	Organisation	Didaktischer Kommentar
5 min	Vorbereitungszeit in Gruppen	GA, gleiche Gruppen wie in Sequ. 6 & 7	Einstieg und Rekapitulation der letzten Stunde als Vorbereitung auf Ergebnispräsentation
25 min	SuS Vorträge und anschliessendes Feedback der SuS sowie Klärung von offenen Fragen und Unklarheiten	Vortrag, Diskussion	SuS übernehmen Verantwortung für ihre erzielten Ergebnisse Fokus für Vorträge: Was sind mögliche Folgen der Untersuchungsergebnisse?

9. Sequenz

Thema: Verbesserungsvorschläge, Abschluss Lektionsreihe			
Lernziele: SuS wenden ihr Wissen aktiv an / erarbeiten konkrete Lösungsvorschläge			
Zeit	Unterrichtsverlauf	Organisation	Didaktischer Kommentar
30 min	SuS schreiben dem Schulleiter/in einen Brief, in welchem sie ihn/auf eventuelle akustische Defizite der Räumlichkeiten hinweisen, ihn/sie über mögliche Folgen aufklären und ihm/ihr konkrete Verbesserungsvorschläge präsentieren	EA	SuS wenden das Gelernte in einer unbekanntem Situation an (Kann zur Leistungsbeurteilung, bzw. als Prüfung, eingesetzt werden)

6 Schlusswort

6.1 Fazit

Nachdem die Raumakustik lange Zeit stiefmütterlich behandelt worden ist, wird seit einigen Jahren intensiv dazu geforscht – und dies zu Recht. Durch die vertiefte Auseinandersetzung mit verschiedenen untersuchten Teilthemengebieten der Akustik in geschlossenen Räumen ist mir bewusst geworden, wie wichtig gute Hörbedingungen für die verbale Kommunikation sind.

Welche Folgen und Auswirkungen ungünstige raumakustische Verhältnisse auf den Menschen haben, beweisen verschiedene Studien eindrücklich. Besonders Erstaunliches für den Lehrerberuf zeigt dabei die Studie der Heriot-Watt University in Edinburgh. Die Studie beweist nämlich, dass sich schlechte raumakustische Bedingungen direkt auf die physische Gesundheit der Unterrichtenden auswirken (vgl. Eggenschwiler 2005, S.2). Ein Umstand, dem in Zeiten des viel diskutierten LehrerInnen-Mangels und in Zeiten auffällig hoher Burnout-Quoten von Lehrpersonen unbedingt Beachtung geschenkt werden sollte. Dass die Folgen aber nicht nur einseitig sind und nur Lehrpersonen betreffen, zeigt der Text von Klatte beispielhaft (vgl. Klatte et al. 2002, S. 1ff). Es stellt sich die berechtigte Frage, warum in den vielen Diskussionen zur Schulqualität, Bildungsstandards und zu vergleichenden Kompetenztests das Thema Schulraumakustik so selten angeschnitten wird, wenn über unterschiedliche Bedingungen debattiert wird. Die Forschung hat einiges herausgefunden. Jetzt gilt es, diese Erkenntnisse positiv für sich nutzen zu können.

Gerade an Orten wie der Schule oder Universitäten, an denen die Kommunikation absolut zentral ist, sollten die Bedingungen optimal sein. Es ist unabdingbar, dass sich diese Institutionen in Zukunft ihrer Rolle (noch) bewusster werden, dass sie Infrastrukturen schaffen, welche das kommunikative Verhalten und damit einhergehend auch das Lernen fördern. In diesem Bereich ist nicht nur schweizweit grosses Verbesserungspotential vorhanden. Eine breite Bevölkerungsschicht (Schulbehörden, Lehrpersonen, Eltern und Kinder) sollten vermehrt für das Thema sensibilisiert werden, damit eventuelle raumakustische Missstände eruiert, diskutiert und behoben werden können.

6.2 Reflexion der eigenen Tätigkeit

Jedes Projekt beginnt mit einer Idee. Es folgt die Planungsphase, um notwendige Fragestellungen und Strukturen zu erarbeiten und abschliessend die Umsetzungsphase, in der das Projekt realisiert wird. Auch im Falle der vorliegenden Arbeit wurde so vorgegangen. Allerdings gilt es an dieser Stelle kritisch anzumerken, dass in der Planungs- und Erarbeitungsphase einiges nicht nach Wunsch verlaufen ist. So konnte eine erste Idee nicht realisiert werden und ein folgendes in kurzer Zeit erarbeitetes Konzept genügte den Ansprüchen nicht, weil es wissenschaftlich nicht diskutiert werden konnte. Bereits unter grösserem Zeitdruck stehend, wurde mir schlussendlich das Thema Raumakustik präsentiert, für welches ich mich spontan entschieden habe. Auch wenn ich zu Beginn noch einige Bedenken hatte, was die Realisierung einer DV-Arbeit zum gewählten Thema betrifft, hat sich der Entscheid über Raumakustik zu schreiben, schnell als richtig herausgestellt, weil ich mich mit der Thematik gut identifizieren konnte.

Zu den beiden Hauptteilen der Arbeit gilt es Folgendes zu bemerken: Die subjektiven Einschätzungen der Sprechstimme und Hörumgebung haben eine erstaunliche Bandbreite an Resultaten hervorgebracht, was mich allgemein überrascht hat. Allerdings weisen alle Ergebnisse einen Makel auf, weil die persönlichen Einschätzungen nach Versuchsanordnung jeweils abends und in völlig menschenleeren Gebäuden stattgefunden haben. Die Arbeit kann somit nicht über die akustischen Bedingungen in Unterrichtssituationen Auskunft geben. Dies gäbe es für weiterführende Forschungen in diesem Teilgebiet zu berücksichtigen.

Bezüglich der Fragestellung kann vermerkt werden, dass die eigene vertiefte Arbeit mit den Polaritätenprofilen von Meis bei der Planung einer Lektionsreihe geholfen haben. Ich bin mir bewusst, dass die Arbeitsweise mit den Profilen auch noch in der Bezirksschule detailliert erklärt und demonstriert werden muss. Bei der Ausarbeitung der Lektionsreihe wurde ich zusätzlich positiv von den Studien angeregt, welche im Theorieteil beschrieben sind.

Als Weiterführung dieser Arbeit kann und soll die Umsetzung der geplanten Lektionsreihe in die Praxis gesehen werden. Mit den Resultaten zu der Durchführung könnte die Reihe in einem weiteren Schritt optimiert werden, indem problematische Inhalte verändert und gut funktionierende Teile ausgebaut würden. Die Umsetzung der Lektionsreihe mit einer Schulklasse ist ein erklärtes Ziel des Verfassers der Arbeit.

7 Verzeichnisse

7.1 Literatur- und Quellenverzeichnis

Baumann, Simon und Fischer, Thomas (2007): Schulraumakustik – bewusst wahrnehmen und verbessern. Diplomarbeit Studiengang Sekundarstufe I, eingereicht bei M. Cslovjecsek, Mai 2007.

Eggenschwiler, Kurt (2005): Akustik von Schulzimmern und Auditorien. Referat zur Kolloquiumsreihe ‚Musik & Mensch‘ an der Pädagogischen Hochschule der FHNW, gehalten am 24. November 2005 in Aarau.

Eggenschwiler, Kurt (2006): Messdaten der Räume D.109, D.103 und D.007 (Musikstudio) an der FHNW Aarau. Gemessen am 24. April 2006.

Klatte, Maria et al. (2002): Akustik in Schulen: Könnt ihr denn nicht zuhören?!. In: Carl von Ossietzky Universität Oldenburg: Einblicke, Nr. 35, Frühjahr 2002, S. 4 – 8.

Meis, Markus et al. (2005): Subjektive Einschätzung der Sprechstimme und der Hörumgebung in Universitären Seminarräumen. In: Fastl, Hugo ; Fruhmann, Markus (Hrsg.) : *Fortschritte der Akustik: Plenarvorträge und Fachbeiträge der 31. Deutschen Jahrestagung für Akustik DAGA 2005, München (31. Deutsche Jahrestagung für Akustik, DAGA '05 München 14. bis 17. März 2005)*. Bd. 1. Berlin : Deutsche Gesellschaft für Akustik e.V., 2005, S. 441 - 442.

Suva, Freizeitsicherheit (2008): Musik und Hörschäden - Informationen für alle, die Musik spielen oder hören. 21. Auflage, Luzern, 2008.

Internetquellen

Musikprogramm Audacity:

<http://audacity.sourceforge.net> (eingesehen am 13. Juli 2009).

Suva Freizeitsicherheit:

http://www.suva.ch/home/suvaliv/kampagnen/kampagnen_safer_sound/musik_und_hoerschaeden.htm (eingesehen am 13. Juli 2009).

7.2 Abbildungs-, Tabellen- und Diagrammverzeichnis

Grafiken:

Grafik 1: Grundriss des Singsaales der Bezirksschule

Grafik 2: Grundriss des Singsaales der Sekundarschule

Grafik 3: Grundriss des Klassenzimmers Sekundarschule

Grafik 4: Grundriss des Naturwissenschafts-Zimmers Bezirksschule

Tabellen:

Tabelle 1: Einstufung der zulässigen Störgeräuschpegel in dB(A) gemäss DIN 18041

Tabelle 2: Polaritätenprofil (nach Meis 2005)

Diagramme:

Diagramm 1: Sollwert T_{soll} der gemittelten Nachhallzeit zwischen 500 Hz und 1000 Hz im besetzten Zustand für Räume im Unterricht gemäss DIN 18041 (Eggenschwiler 2005).

Diagramm 2: Toleranzbereich der empfohlenen Nachhallzeit in Abhängigkeit von der Frequenz für Sprache gemäss DIN 18041 (Eggenschwiler 2005).

Diagramm 3: Mittlere Nachhallzeiten im Mitteltonbereich für Raum D 109.
Grenzbereich für optimalen Unterricht (Eggenschwiler 2006).

Diagramm 4: Mittlere Nachhallzeiten im Mitteltonbereich für Raum D 103.
Grenzbereich für optimalen Unterricht (Eggenschwiler 2006).

Diagramm 5: Mittlere Nachhallzeiten im Mitteltonbereich für Tonstudio FHNW
(Eggenschwiler 2006).

Anhang

Polaritätenprofile

Schulzimmer FHNW D.109

	extrem	sehr	eher	teils – teils	eher	sehr	extrem	
deutlich	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	undeutlich
dröhnend	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	klar
angenehm	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	unangenehm
hallig	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	trocken
anstrengend	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	müheles
klirrend	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	gedämmt

Schulzimmer FHNW D.103

	extrem	sehr	eher	teils – teils	eher	sehr	extrem	
deutlich	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	undeutlich
dröhnend	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	klar
angenehm	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	unangenehm
hallig	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	trocken
anstrengend	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	müheles
klirrend	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	gedämmt

Schulzimmer FHNW Tonstudio

	extrem	sehr	eher	teils – teils	eher	sehr	extrem	
deutlich	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	undeutlich
dröhnend	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	klar
angenehm	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	unangenehm
hallig	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	trocken
anstrengend	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	müheless
klirrend	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	gedämmt

Schulzimmer OSUA Singsaal Bez

	extrem	sehr	eher	teils – teils	eher	sehr	extrem	
deutlich	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	undeutlich
dröhnend	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	klar
angenehm	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	unangenehm
hallig	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	trocken
anstrengend	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	müheless
klirrend	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	gedämmt

Schulzimmer OSUA Singsaal Sek

	extrem	sehr	eher	teils – teils	eher	sehr	extrem	
deutlich	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	undeutlich
dröhnend	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	klar
angenehm	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	unangenehm
hallig	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	trocken
anstrengend	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	müheless
klirrend	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	gedämmt

Schulzimmer OSUA Klassenzimmer Sek

	extrem	sehr	eher	teils – teils	eher	sehr	extrem	
deutlich	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	undeutlich
dröhnend	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	klar
angenehm	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	unangenehm
hallig	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	trocken
anstrengend	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	müheless
klirrend	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	gedämmt

Schulzimmer OSUA NaWi-Zimmer Bez

	extrem	sehr	eher	teils – teils	eher	sehr	extrem	
deutlich	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	undeutlich
dröhnend	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	klar
angenehm	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	unangenehm
hallig	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	trocken
anstrengend	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	müheless
klirrend	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	gedämmt

Redlichkeitserklärung

Studiengang: Sekundarstufe I

Modul: DV-Arbeit im Schulfach Musik

Titel der Arbeit: Schulraumakustik - Subjektive Einschätzung der Sprechstimme und Hörumgebung in Schulräumen nach Meis und Lektionsreihe zur Raumakustik im Fach Musik auf der Sekundarstufe I

Ich, **Jonas Märki**, bestätige hiermit, dass ich diese Arbeit redlich verfasst habe. Ich habe insbesondere keine unzulässigen Hilfen beansprucht und habe übernommene Textpassagen (aus Artikeln, Büchern und Internet) gemäss den Regeln wissenschaftlichen Arbeitens ausgewiesen.

Unterschrift:

Ort, Datum: Klingnau, 13. Juli 2009