



Raumakustik von Unterrichtsräumen

SGA-Frühjahrstagung 2007, Yverdon - Architektur und Akustik von Schulzimmern – Raumakustik von Unterrichtsräumen



Themen

- Vorstellung Ingenieurbüro Imhof Akustik AG
- Anforderungen an Unterrichtsräume
- Problemstellung
- Normen & Grundlagen
- Beispiele aus der Praxis
- Ausblick

SGA-Frühjahrstagung 2007, Yverdon - Architektur und Akustik von Schulzimmern – Raumakustik von Unterrichtsräumen



Vorstellung Ingenieurbüro Imhof Akustik AG

SGA-Frühjahrstagung 2007, Yverdon - Architektur und Akustik von Schulzimmern – Raumakustik von Unterrichtsräumen



Vorstellung Ingenieurbüro Imhof Akustik AG

- Fachgebiete**
- **Raum**akustik
 - **Bau**akustik
 - **Elektro**akustik

- Tätigkeiten**
- messen
 - beurteilen
 - beraten
 - projektieren
 - erstellen von Expertisen

SGA-Frühjahrstagung 2007, Yverdon - Architektur und Akustik von Schulzimmern – Raumakustik von Unterrichtsräumen

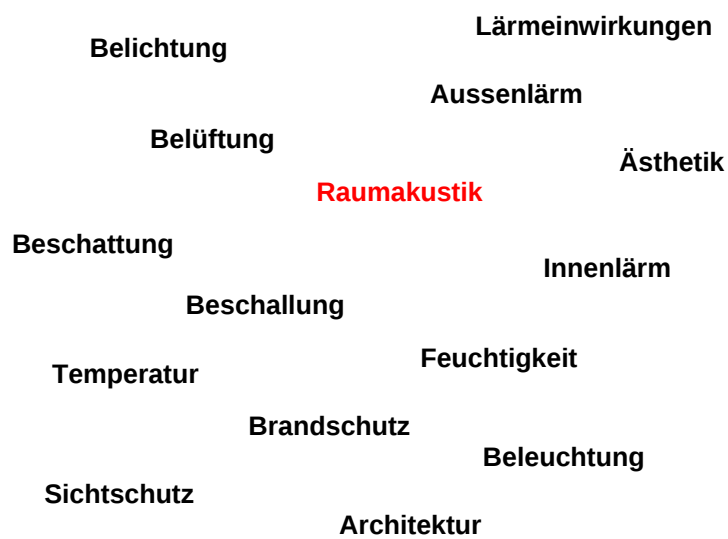


Anforderungen an Unterrichtsräume

SGA-Frühjahrstagung 2007, Yverdon - Architektur und Akustik von Schulzimmern – Raumakustik von Unterrichtsräumen



Anforderungen an Unterrichtsräume



SGA-Frühjahrstagung 2007, Yverdon - Architektur und Akustik von Schulzimmern – Raumakustik von Unterrichtsräumen

Problemstellung

SGA-Frühjahrstagung 2007, Yverdon - Architektur und Akustik von Schulzimmern – Raumakustik von Unterrichtsräumen

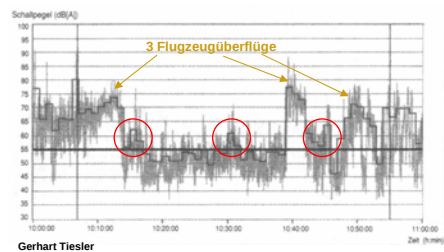
Problemstellung



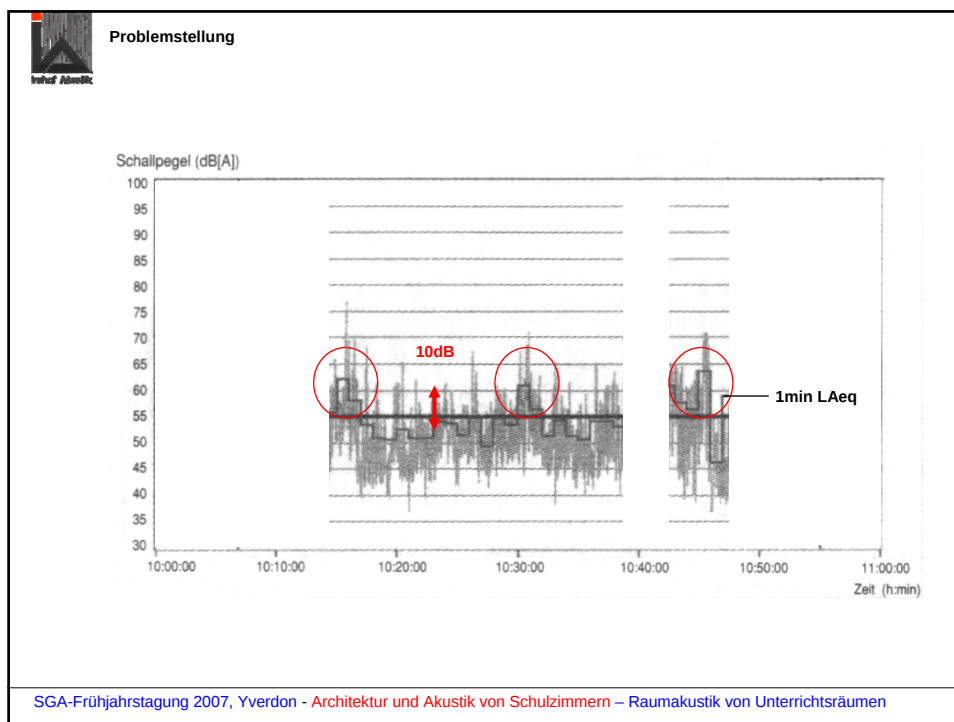
Wilhelm Busch

*** bei normaler Lautstärke**

„Der Schalldruckpegel beträgt in 1m Abstand 60dB(A)*!“



SGA-Frühjahrstagung 2007, Yverdon - Architektur und Akustik von Schulzimmern – Raumakustik von Unterrichtsräumen



Problemstellung

Untersuchungen in den USA, in den skandinavischen Ländern und der EU zeigen, dass **Lärm** im Klassenzimmer ...

bei Schülern	bei Lehrpersonen
• die Aufnahmefähigkeit reduziert • die Konzentrationsfähigkeit schwächt • die Leistungsfähigkeit vermindert • Integration erschwert • Kurzzeitgedächtnis beeinträchtigt • Aggressionen erhöht • soziale Klima verschlechtert • ... • Lese-Rechtschreib-Schwäche (LRS) • Laut-Diskrimination („Tisch - Fisch“) • Ignorieren von akustischen Reizen	• Probleme mit der Stimme entstehen z.B. Heiserkeit • krankheitsbedingte Abwesenheiten zunehmen • frühzeitiges Burnout droht

SGA-Frühjahrstagung 2007, Yverdon - Architektur und Akustik von Schulzimmern – Raumakustik von Unterrichtsräumen



Problemstellung

Lärm im Klassenzimmer
kann durch eine optimale Raumakustik
reduziert werden.

SGA-Frühjahrstagung 2007, Yverdon - Architektur und Akustik von Schulzimmern – Raumakustik von Unterrichtsräumen



SGA-Frühjahrstagung 2007, Yverdon - Architektur und Akustik von Schulzimmern – Raumakustik von Unterrichtsräumen



Normen & Grundlagen

SGA-Frühjahrstagung 2007, Yverdon - Architektur und Akustik von Schulzimmern – Raumakustik von Unterrichtsräumen



Normen & Grundlagen

DIN 18041:2004

DEUTSCHE NORM		Mai 2004
DIN 18041		DIN
ICS 17.145.01	Ersatz für DIN 18041:1996-10	
Hörsamkeit in kleinen bis mittelgroßen Räumen Acoustical quality in small to medium-sized rooms Acoustique des petits et moyens espaces		
Gesamtumfang 39 Seiten		
Normenausschuss Akustik, Lärmminderung und Schwingungstechnik (NAL) im DIN und VDI Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN		

© DIN Deutscher Institut für Normung e.V. - Alle Rechte vorbehalten. Nicht nachzudrucken, nur mit Genehmigung des DIN-Deutscher Institut für Normung e.V., Berlin, gestattet.
Kleinstverkauf der Normen durch Beuth Verlag GmbH, 10773 Berlin

Printed on FSC-certified paper and printed with vegetable-based inks.

SGA-Frühjahrstagung 2007, Yverdon - Architektur und Akustik von Schulzimmern – Raumakustik von Unterrichtsräumen

Musik: $T_{\text{soll}} = \left(0,45 \lg \frac{V}{\text{m}^3} + 0,07 \right) \text{s}$

Sprache: $T_{\text{soll}} = \left(0,37 \lg \frac{V}{\text{m}^3} - 0,14 \right) \text{s}$

Unterricht: $T_{\text{soll}} = \left(0,32 \lg \frac{V}{\text{m}^3} - 0,17 \right) \text{s}$

Sport 1: $T_{\text{soll}} = \left(1,27 \lg \frac{V}{\text{m}^3} - 2,49 \right) \text{s}$

Sport 2: $T_{\text{soll}} = \left(0,95 \lg \frac{V}{\text{m}^3} - 1,74 \right) \text{s}$

DIN 18041:2004-05

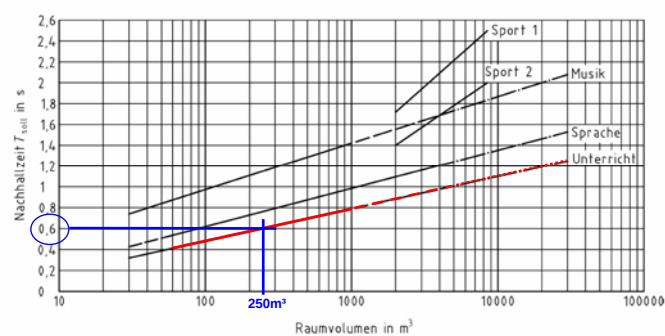
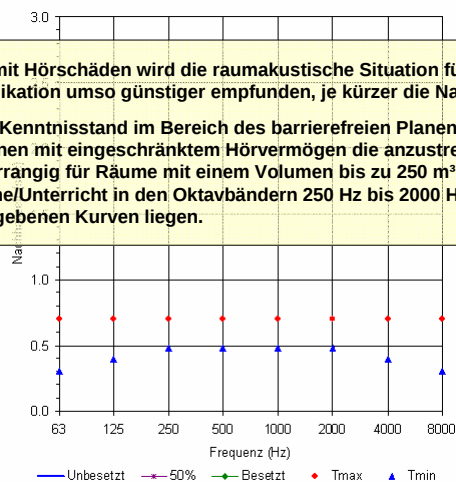


Bild 1 — Sollwert T_{soll} der Nachhallzeit für unterschiedliche Nutzungsarten



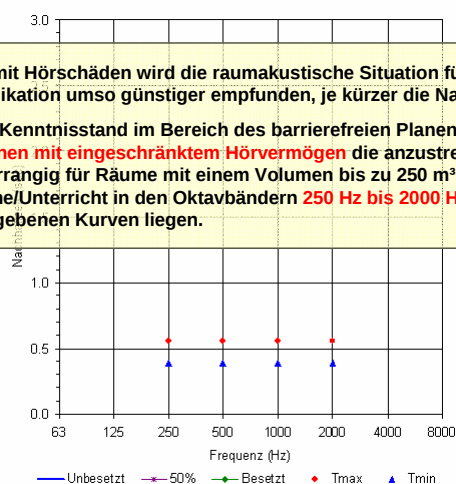
Von Personen mit Hörschäden wird die raumakustische Situation für Sprachkommunikation umso günstiger empfunden, je kürzer die Nachhallzeit ist.

Nach heutigem Kenntnisstand im Bereich des barrierefreien Planens und Bauens sollte für Personen mit eingeschränktem Hörvermögen die anzustrebende Nachhallzeit vorrangig für Räume mit einem Volumen bis zu 250 m³ und der Nutzung Sprache/Unterricht in den Oktavbändern 250 Hz bis 2000 Hz bis 20 % unter den angegebenen Kurven liegen.



Von Personen mit Hörschäden wird die raumakustische Situation für Sprachkommunikation umso günstiger empfunden, je kürzer die Nachhallzeit ist.

Nach heutigem Kenntnisstand im Bereich des barrierefreien Planens und Bauens sollte für **Personen mit eingeschränktem Hörvermögen** die anzustrebende Nachhallzeit vorrangig für Räume mit einem Volumen bis zu 250 m³ und der Nutzung Sprache/Unterricht in den Oktavbändern **250 Hz bis 2000 Hz** bis **20 %** unter den angegebenen Kurven liegen.



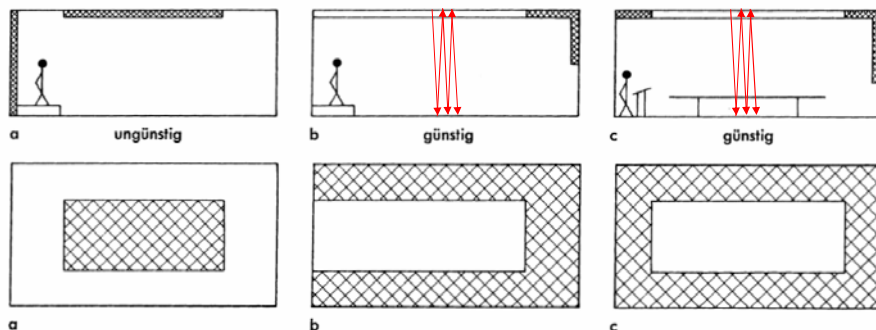


Bild 5 — Verteilung von Schallabsorptionsflächen für Räume kleiner bis mittlerer Raumgröße, z. B. Unterrichts- und Sitzungsräume (oben Aufrisse, unten Deckenuntersichten)

Kritische Beurteilung der Schallabsorber-Anordnungen

- | | | |
|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| • Schallabsorberfläche zu klein | • Schallabsorberfläche zu klein | • Schallabsorberfläche zu klein |
| • Rückwand nicht reflektierend | • Flatterechos | • Flatterechos |

SGA-Frühjahrstagung 2007, Yverdon - Architektur und Akustik von Schulzimmern – Raumakustik von Unterrichtsräumen

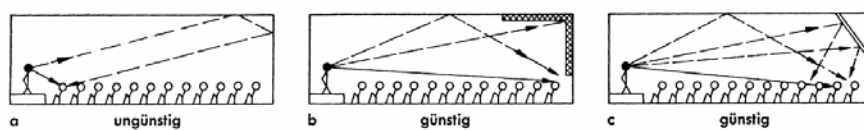


Bild 6 — Rückwandreflexion

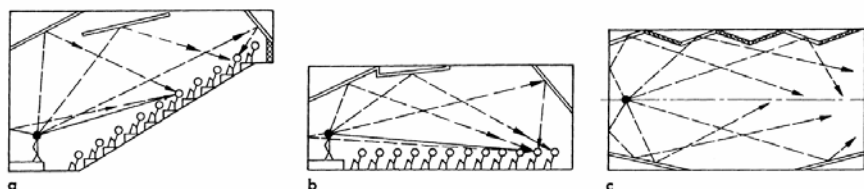


Bild 8 — Nützliche Reflexionen für den hinteren Raumbereich (a und b Aufrisse, c Grundriss)

SGA-Frühjahrstagung 2007, Yverdon - Architektur und Akustik von Schulzimmern – Raumakustik von Unterrichtsräumen



Normen & Grundlagen

SGA-Richtlinie (2004)



Swiss Acoustical Society
Societa Suisse d'Acustica
Schweizerische Gesellschaft für Akustik
Societa Svizzera di Acustica
Hémeit: www.sga.ch

Richtlinie für die Akustik von Schulzimmern und anderen Räumen für Sprache

1 Einleitung

Diese Richtlinie der Schweizerischen Gesellschaft für Akustik (SGA) wurde von der Fachgruppe Raumakustik verfasst und vom Vorstand der SGA am 11.3.2004 genehmigt. Sie ist als auf die Deutsche Norm DIN 18041, Hörbarkeit in kleinen bis mittigen Räumen [1].

Die Richtlinie gibt eine Einführung in die DIN-Norm, ersetzt sie aber nicht. Die Verfasser gehen davon aus, dass die DIN 18041 von den Anwendern dieser Richtlinie beschafft wird.

Dieser ersetzt sich die Richtlinie auf die Empfehlungen der SGA für Beschallungsanlagen [2]. Die Richtlinie gibt damit den Stand des Wissens und der Technik für eine gute Hörbarkeit in Räumen für Sprache wieder.

2 Anwendungsbereich der Richtlinie

Diese Richtlinie befindet sich in erster Linie die Anforderungen für Unterrichtsräume (Dahinter: Hörsäle, Auditorien etc.) sowie Sportstätten. In der DIN Norm 18041 sind aber auch die Anforderungen für eine Reihe von anderen kleinen und mittleren Räumen für Sprache und Musikdarstellung aufgeführt, wie z.B. Gemeinderäte, Ein- und Mehrpersonenzimmer, Familien- und Bankkassen, Publikumsbereich für den öffentlichen Verkehr, Verkaufsräume, Geschäfte, Restaurants, etc. In der vorliegenden Richtlinie wird auf die Zusammenfassung der entsprechenden Anforderungen verzichtet.

In der DIN Norm 18041 und in dieser Richtlinie werden die Belange von Personen mit eingeschränktem Hörvermögen besonders berücksichtigt.

3 Anforderungen

3.1 Zusätzliche Störgeräusche

Die DIN 18041 unterscheidet zwischen Störgeräuschen von lauten Geräuschen (Verkehrsmittel ausseren, Geräusche von benachbarten Räumen) und Hintergrundgeräuschen (Bürogeräusche, Projektor etc.). Für beide Geräuscharten ist der zulässige Störgeräuschpegel als äquivalente Mischleistung in der Tabelle 1 auf der folgenden Seite angegeben.

3.2 Volumenkenzahl / Nachhallzeit

Um einer für Sprache angepassten Nachhallzeit zu erreichen, wird für Sprachdarstellungen in der DIN 18041 eine Volumenkenzahl (Raumkennzahl) in Platz von 3 - 4 m²/Person empfohlen.

Die Nachhallzeit von Räumen für Unterricht (Schulzimmer, Gruppenräume, Seminarräume, Hörsäle, Räume für Fern-Teaching, Tagungsräume, Koff-

ferenräume etc.) wurde in der neuen DIN 18041 nach dem Stand des Wissens festgelegt.

Der akustische Koeffizient der Nachhallzeit T_{sol} in Sekunden als Mittelwert der Oktavbänder 500 Hz und 1000 Hz wird abhängig vom Raumvolumen V in m³ nach der folgenden Formel festgelegt:

$$T_{sol} = 0.32 \lg(V) - 0.17$$

$$T_{sol} = 0.32 \lg(V) - 0.17$$

ische Situation: Für Sprachkommunikation vorzugsweise empfohlen, je kürzer die Nachhallzeit ist. Nach festgelegten Kriterien ist im Bereich des lauten Hörbaren Frequenzbereichs die akustische Nachhallzeit vorzugsweise für Räume mit einem Volumen bis zu 250 m³ und der Nutzung Sprache (Unterricht) in den Oktavbändern 250 Hz bis 2000 Hz bis 20% unter der in Abbildung 1 angegebenen Kurve liegen. Abbildung 2 ist in diesem Frequenzbereich nicht anzuwenden. Vergleichbare Anforderungen gelten auch für die Kommunikation in einer Sprache, die nicht als Muttersprache gelernt wurde, bei der Kommunikation mit Personen, die Deutsch als Fremdsprache sprechen, und die Kommunikation mit Personen, die auf andere Weise ein Bedürfnis nach erhöhter Sprachverständlichkeit haben, z.B. Personen mit Sprach- oder Sprachverarbeitungsstörungen, Konzentrations- und Aufmerksamkeitsstörungen, Lernschwierigkeiten.

Für Sport- und Schwimmhallen mit einem Volumen von 2.000 - 8.500 m³ ohne Publikum sind die Nachhallzeiten wie folgt definiert (Abbildung 1):

$$\text{Sport 1: } T_{sol} = 1.27 \lg(V) - 2.49$$

$$\text{Sport 2: } T_{sol} = 0.95 \lg(V) - 1.74$$

Sport 1 für normale Nutzung und/oder einseitigen Unterricht; eine Raumkategorie; Sport 2 für mehrseitigen Unterricht; mehrere Raumkategorien (gruppen parallel).

3.3 Geometrische Gestaltung der Räume

Die Dimensionen der Räume sollen keine stehende und stehende Grundriss ohne ergiebige akustische Maßnahmen vermeiden. Trichtergrundriss mit in Bezug auf die Darstellungsrichtung konvergierender Seitenwandführung, sind durch mit divergierender vorzuziehen.

SGA-Frühjahrstagung 2007, Yverdon - Architektur und Akustik von Schulzimmern – Raumakustik von Unterrichtsräumen



Normen & Grundlagen

SIA 181:2006

sia

SIA 181:2006 Bauwesen

FEDERATION SUISSE DES INGENIEURS SUISSES (FEDSI) - SOCIÉTÉ SUISSE D'INGÉNIEURS (SIS) - ASSOCIATION SUISSE DE NORMALISATION (ASN)

Schweizerische Norm
Norme suisse
Norma Svizzera

520 181

Enacted Norm SIA 181, Ausgabe 1988

Protection contre le bruit dans le bâtiment
La protezione dal rumore nelle costruzioni edificate

Schallschutz im Hochbau

Herausgeber:
Schweizerische Ingenieur- und Architektenvereine
Postfach, CH-8039 Zürich

Copyright © 2006 by SIA Zürich

Preisgruppe 40

SGA-Frühjahrstagung 2007, Yverdon - Architektur und Akustik von Schulzimmern – Raumakustik von Unterrichtsräumen

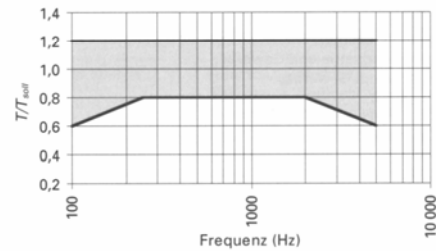
3.3.2.1 SOLLWERT DER NACHHALLZEIT FÜR UNTERRICHTSRÄUME

Räume mit $V \leq 500 \text{ m}^3$ $T_{\text{soll}} = -0,17 + 0,32 \lg (V/V_0)$ (s) $V_0 = 1 \text{ m}^3$

Beispiele: für 60 m^3 ist $T_{\text{soll}} = 0,4 \text{ s}$; für 500 m^3 ist $T_{\text{soll}} = 0,7 \text{ s}$

Für Unterrichtsräume (Sprache) sollen sich die anzustrebenden Nachhallzeiten im Frequenzbereich 100 bis 5000 Hz im Toleranzbereich (bezogen auf T_{soll}) gemäss Figur 1 befinden.

Figur 1 Anzustrebender Bereich der Nachhallzeiten für Sprache



Beispiele aus der Praxis



Primarschulhaus Huebwies, Geroldswil – Verbesserung der Raumakustik 2002



SGA-Frühjahrstagung 2007, Yverdon - Architektur und Akustik von Schulzimmern – Raumakustik von Unterrichtsräumen



Primarschulhaus Huebwies, Geroldswil – Verbesserung der Raumakustik 2002



SGA-Frühjahrstagung 2007, Yverdon - Architektur und Akustik von Schulzimmern – Raumakustik von Unterrichtsräumen



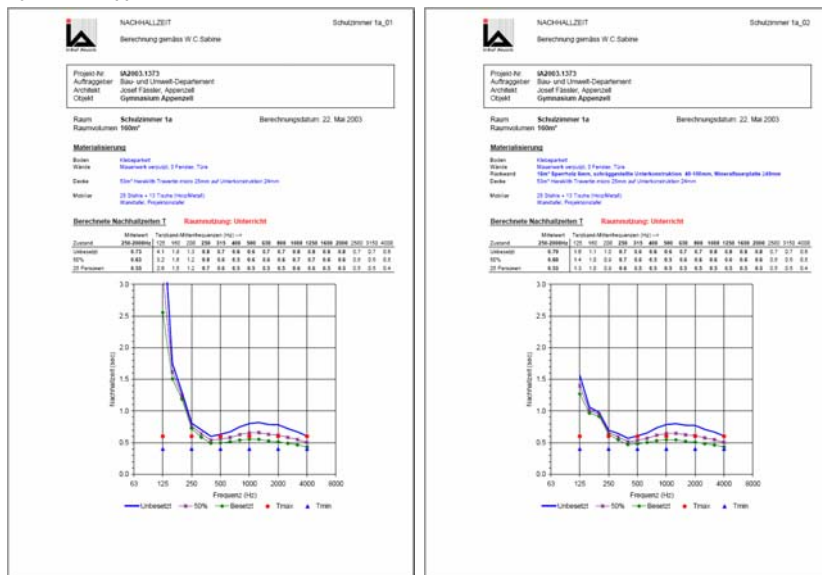
Gymnasium Appenzell – Umbau 2003



SGA-Frühjahrstagung 2007, Yverdon - Architektur und Akustik von Schulzimmern – Raumakustik von Unterrichtsräumen



Gymnasium Appenzell – Umbau 2003

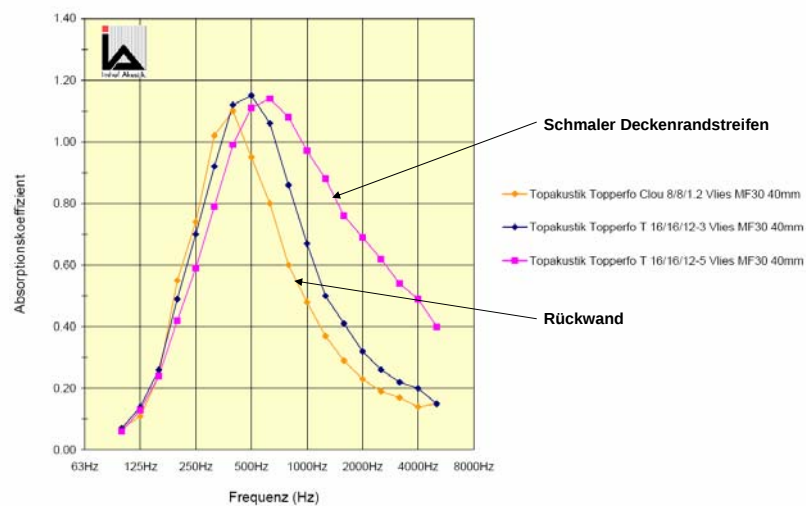


SGA-Frühjahrstagung 2007, Yverdon - Architektur und Akustik von Schulzimmern – Raumakustik von Unterrichtsräumen



SGA-Frühjahrstagung 2007, Yverdon - Architektur und Akustik von Schulzimmern – Raumakustik von Unterrichtsräumen

Vergleich der frequenzabhängigen Schallabsorptionskoeffizienten α_s

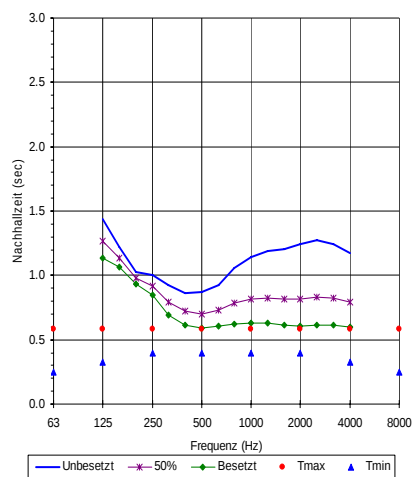


SGA-Frühjahrstagung 2007, Yverdon - Architektur und Akustik von Schulzimmern – Raumakustik von Unterrichtsräumen



Universität St.Gallen HSG – Erneuerung 2003/2010

Architekt: Walter M. Förderer



SGA-Frühjahrstagung 2007, Yverdon - Architektur und Akustik von Schulzimmern – Raumakustik von Unterrichtsräumen



Schulhaus Wyden, Widnau SG – Erweiterung 2004



SGA-Frühjahrstagung 2007, Yverdon - Architektur und Akustik von Schulzimmern – Raumakustik von Unterrichtsräumen



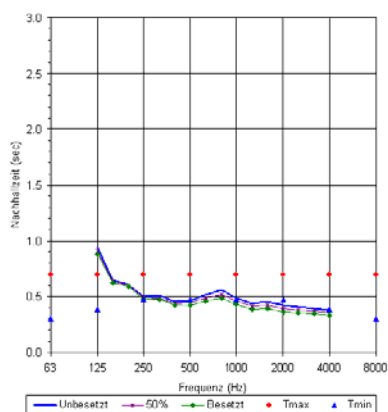
Schulhaus Wyden, Widnau SG – Erweiterung 2004



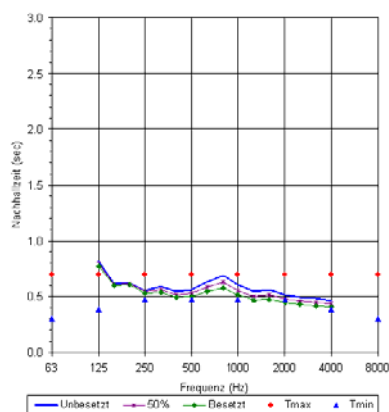
SGA-Frühjahrstagung 2007, Yverdon - Architektur und Akustik von Schulzimmern – Raumakustik von Unterrichtsräumen



Schulhaus Wyden, Widnau SG – Erweiterung 2004



100% Metalldecke phonex-gema gelocht Rd 1522,
Vlies, Mineralfaser-Einlage 30mm

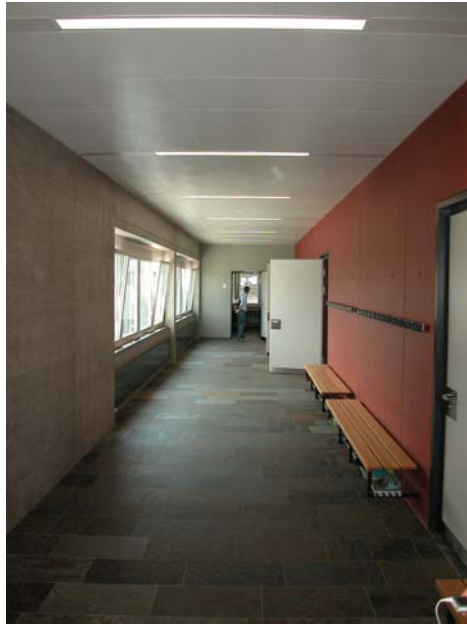


75% Metalldecke phonex-gema gelocht Rd 1522,
Vlies, Mineralfaser-Einlage 30mm
25% Metalldecke phonex-gema ungelocht
Mineralfaser-Einlage 30mm

SGA-Frühjahrstagung 2007, Yverdon - Architektur und Akustik von Schulzimmern – Raumakustik von Unterrichtsräumen



Schulhaus Wyden, Widnau SG – Erweiterung 2004



SGA-Frühjahrstagung 2007, Yverdon - Architektur und Akustik von Schulzimmern – Raumakustik von Unterrichtsräumen



PHS St.Gallen, Schulhaus Hadwig, Studenten-Aufenthaltsraum - Erneuerung 2004



SGA-Frühjahrstagung 2007, Yverdon - Architektur und Akustik von Schulzimmern – Raumakustik von Unterrichtsräumen



PHS St.Gallen, Schulhaus Hadwig, Studenten-Aufenthaltsraum - Erneuerung 2004



SGA-Frühjahrstagung 2007, Yverdon - Architektur und Akustik von Schulzimmern – Raumakustik von Unterrichtsräumen



Primarschulhaus Buchental, St.Gallen, Altbau – Beurteilung der Raumakustik 2001



SGA-Frühjahrstagung 2007, Yverdon - Architektur und Akustik von Schulzimmern – Raumakustik von Unterrichtsräumen



Primarschulhaus Buchental, St.Gallen, Altbau – Beurteilung der Raumakustik 2001



SGA-Frühjahrstagung 2007, Yverdon - Architektur und Akustik von Schulzimmern – Raumakustik von Unterrichtsräumen



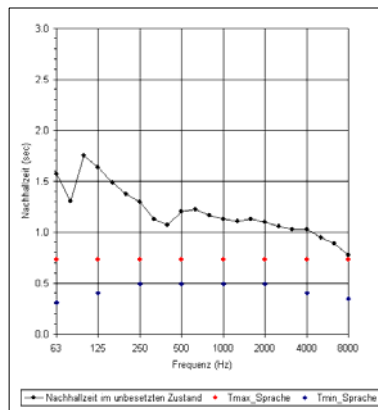
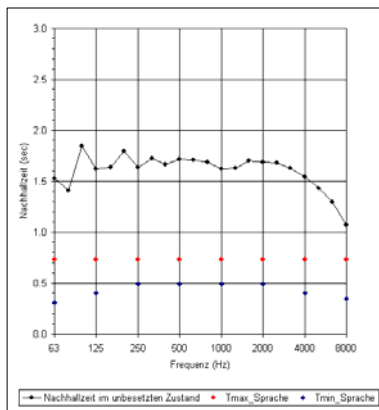
Primarschulhaus Buchental, St.Gallen, Altbau – Beurteilung der Raumakustik 2001



SGA-Frühjahrstagung 2007, Yverdon - Architektur und Akustik von Schulzimmern – Raumakustik von Unterrichtsräumen



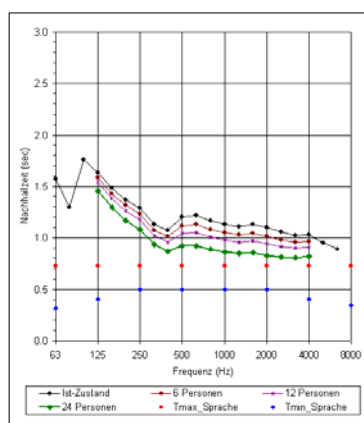
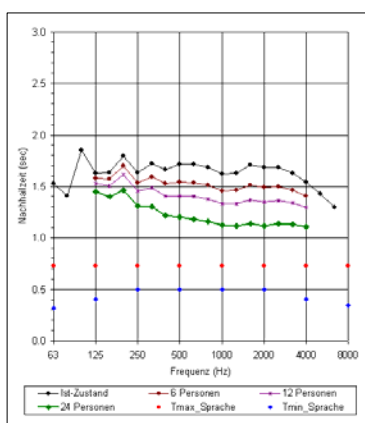
Primarschulhaus Buchental, St.Gallen, Altbau (2001) – Beurteilung der Raumakustik



SGA-Frühjahrstagung 2007, Yverdon - Architektur und Akustik von Schulzimmern – Raumakustik von Unterrichtsräumen



Primarschulhaus Buchental, St.Gallen, Altbau (2001) – Beurteilung der Raumakustik



SGA-Frühjahrstagung 2007, Yverdon - Architektur und Akustik von Schulzimmern – Raumakustik von Unterrichtsräumen



Primarschulhaus Buchental, St.Gallen, Neubau 2006 – Raumakustik



SGA-Frühjahrstagung 2007, Yverdon - Architektur und Akustik von Schulzimmern – Raumakustik von Unterrichtsräumen



Primarschulhaus Buchental, St.Gallen, Neubau 2006 – Raumakustik



SGA-Frühjahrstagung 2007, Yverdon - Architektur und Akustik von Schulzimmern – Raumakustik von Unterrichtsräumen



Primarschulhaus Buchental, St.Gallen, Neubau 2006 – Raumakustik



SGA-Frühjahrstagung 2007, Yverdon - Architektur und Akustik von Schulzimmern – Raumakustik von Unterrichtsräumen



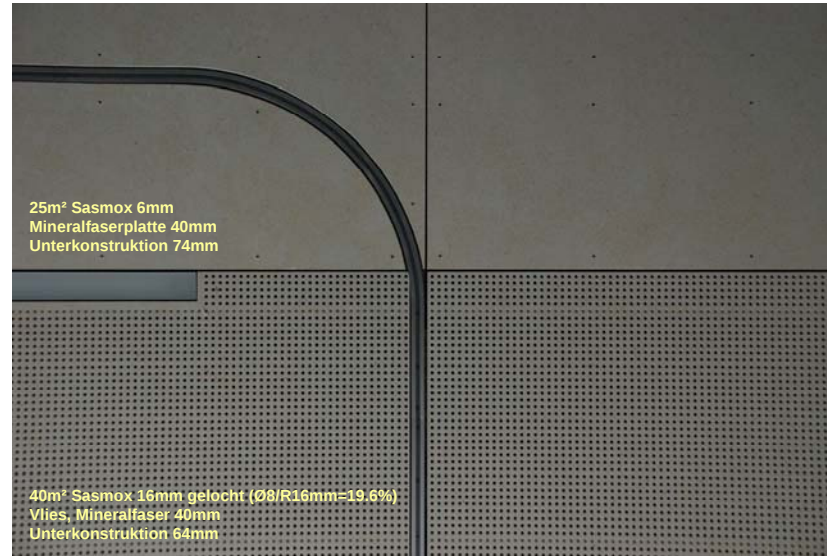
Primarschulhaus Buchental, St.Gallen, Neubau 2006 – Raumakustik



SGA-Frühjahrstagung 2007, Yverdon - Architektur und Akustik von Schulzimmern – Raumakustik von Unterrichtsräumen



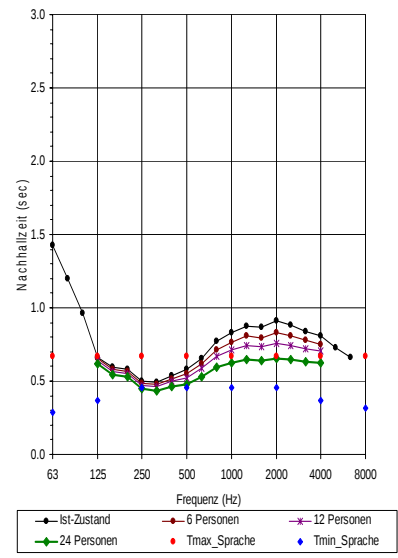
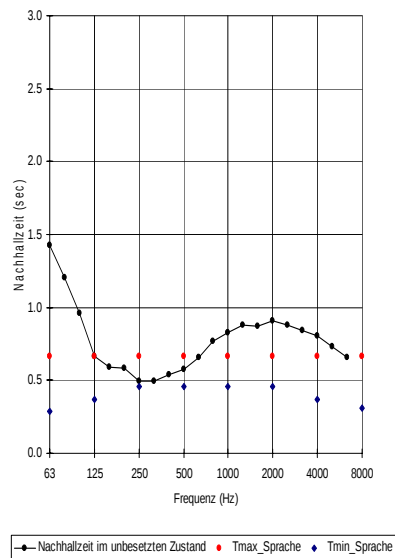
Primarschulhaus Buchental, St.Gallen, Neubau 2006 – Raumakustik



SGA-Frühjahrstagung 2007, Yverdon - Architektur und Akustik von Schulzimmern – Raumakustik von Unterrichtsräumen



Primarschulhaus Buchental, St.Gallen, Neubau 2006 – Raumakustik



SGA-Frühjahrstagung 2007, Yverdon - Architektur und Akustik von Schulzimmern – Raumakustik von Unterrichtsräumen



5. Ausblick

SGA-Frühjahrstagung 2007, Yverdon - Architektur und Akustik von Schulzimmern – Raumakustik von Unterrichtsräumen



Ausblick

- Die Raumakustik von Schulzimmern ist ein Top-Thema
- Die Auswirkungen von Lärm auf Schüler und Lehrpersonen sind bekannt
- Die Empfehlungen werden eher noch verschärft werden
- Das know how ist vorhanden
- Eine grosse Auswahl an Baumaterialien sind auf dem Markt erhältlich
- Die Kosten für eine gute Raumakustik sind deutlich geringer als die Summe aller Aufwendungen für die Genesung der Lehrpersonen

SGA-Frühjahrstagung 2007, Yverdon - Architektur und Akustik von Schulzimmern – Raumakustik von Unterrichtsräumen