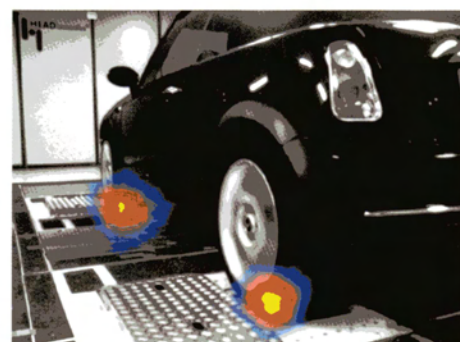


Lärmbekämpfung

Zeitschrift für Akustik, Schallschutz und Schwingungstechnik

Organ der Deutschen Gesellschaft für Akustik (DEGA)



Schwingungen

Wirkungen von Ganzkörperschwingungen

Fluglärm

Fremdgeräusche bei der Messung von Flugzeuggeräuschen

Bauakustik

DEGA-Schallschutzausweis

HEAD VISOR ist eine Innovation der HEAD acoustics GmbH auf dem Gebiet der Mikrofonarray-Technologie. Das ganzheitliche System basiert auf dem Echtzeitkonzept und zeichnet sich durch eine einfache Bedienung aus. Direkt nach dem Einschalten zeigt HEAD VISOR ein Videobild mit synchron überlagerter, hochauflösender Quellkartierung. Drei integrierte Industriekameras ermitteln automatisch die Entfernung zu räumlich gestaffelten Schallquellen (MultipleEye Technology). Ohne eine Aufnahme starten zu müssen, lässt sich der Einfluss von Modifikation, Analysen usw. unmittelbar verfolgen. Äußerst benutzerfreundlich speichert HEAD VISOR kontinuierlich die letzten 20 Sekunden, die auf Knopfdruck zur Verfügung stehen. Interessante Ereignisse können daher nachträglich aufgenommen und bearbeitet werden. Gleichzeitig entfallen zeitaufwendige und fehleranfällige Parametereinstellungen. HEAD VISOR ist intuitiv zu bedienen und findet in zahlreichen Bereichen Anwendung, u. a. im akustischen Umweltschutz. Das perfekt aufeinander abgestimmte Gesamtsystem ist mobil und somit flexibel einsetzbar. Weitere Informationen erhalten Sie unter www.head-visor.de.



Editorial

141 **Was ist „zu laut“**
J. L. Verhey

Schwingungen

147 **Wirkungen von Ganzkörperschwingungen auf die Lendenwirbelsäule**
G. Notbohm, S. Schwarze, M. Albers

Fluglärm

155 **Der Einfluss von Fremdgeräuschen auf die Unsicherheit des Messergebnisses von Fluggeräuschen**
T. J. Meyer, M. Bosse

Bauakustik

- 160 **DEGA-Empfehlung 103: Schallschutz im Wohnungsbau – Schallschutzausweis**
C. Burkhart
- 166 **Pionier der Bauphysik und des Lärmschutzes – Zum 100. Geburtstag von Prof. Dr. Friedrich Bruckmayer**
J. Lang
- 171 **Wie kommt das Hören in den Entwurf?**
J. Bauer
- 174 **Punkte für PISA – und dennoch Geld sparen**
U. M. Stephenson

Arbeitsschutz

178 **DeSi: Demonstrations- und Simulationssystem zur Lärmabwehr**

Rubriken

144	Aktuelles	180	Organschaft
165,	Medien	183	Regelwerk
170		186	Aus der Industrie
177	Zeitschriftenschau	188	Impressum



Sie finden uns im Internet:
www.laermbekaempfung.de

Autoren senden Ihre Beiträge
an: laermbekaempfung@technikwissen.de

155 In der Umgebung von Flugplätzen sind zahlreiche Messstellen zur kontinuierlichen Überwachung der Flugzeuggeräusche in Betrieb. Da sie die Einwirkung dieser Geräusche auf die Bevölkerung kontrollieren sollen, werden sie überwiegend in dichter besiedelten Wohnbereichen installiert. Gerade hier treten jedoch auch sonstige Verkehrslärmgeräusche wie Straßenlärm und Schienenverkehrslärm oder andere Geräusche auf, die den Lärm des Flugverkehrs überlagern. Da die Spektren sich häufig ähneln, ist eine messtechnische Trennung schwierig, zeitraubend und entsprechend aufwendig, da sie an der Messstelle selbst nicht ohne Weiteres erfolgen kann. Die Fremdgeräusche können somit insbesondere bei vergleichsweise leisen Flugzeugen das Messergebnis erheblich verfälschen und so zur Unsicherheit des Messergebnisses der Gesamtimmersion der Flugzeuggeräusche beitragen.



Bild: FMG

Wie kommt das Hören in den Entwurf?

Ein Versuch im zweiten Studienjahr im Fachbereich Architektur am Waterford Institute of Technology in Irland^{*)}

Jürgen Bauer, Waterford

Architekten sehen sich immer wieder mit dem Vorwurf konfrontiert, sie interessieren sich nicht für Akustik, weil sie „unsichtbar“ sei.

Zweifelsohne sind Architekten stark visuell denkende Menschen, und das müssen sie auch sein: Gutes Design entsteht durch die Vision, oder genauer gesagt durch visuelle Vorstellungskraft des Designers. Der Entwurf selbst wird in der Regel als reelles oder virtuelles Modell entwickelt, eben „visualisiert“ und dann beurteilt.

Die Vorstellungskraft eines Architekten muss sich aber auch mit vielen „unsichtbaren“ Entwurfsaspekten auseinandersetzen. Da gibt es funktionale, soziale und kulturelle Komponenten eines Projekts, von den klimatischen und ökologischen einmal ganz zu schweigen. Und selbst das „sichtbare“ Tageslicht spielt dem Architekten einen Streich und erweist sich als äußerst unzuverlässig, denn es kann sich sekundenschnell verändern, je nach Tageszeit, Saison und Wetterlage.

Wenn es in einem Projekt darum geht, durch Nachbarn oder durch den Straßen-

verkehr der Umgebung akustisch möglichst wenig gestört zu werden, sind Architekt, Bauherr und Nutzer sehr hellhörig: Zur Minderung der Schallausbreitung werden hoch schalldämmende und schallisierende Bauelemente wie Fenster, Türen, Wände etc eingesetzt: Man trifft bauliche Maßnahmen gegen unerwünschte Geräusche oder – einfacher ausgedrückt – zur Lärmbekämpfung. Schallisierung und -minderung durch Bauelemente nennt man bekanntlich Bauakustik.

Manchmal will man die Geräusche aber sehr wohl hören, und zwar in unterschiedlicher Art und Weise. Die Geräuschentwicklung ist erwünscht und deshalb nennt man den Schall dann nicht Lärm, sondern Klang. Im Konzertsaal verbinden wir guten Klang beispielsweise mit dem Begriff der „Nachhallzeit“, in Klassenräumen mit dem der „Sprachverständlichkeit“.

Die gezielte Schallausbreitung, d. h. die Raumakustik, folgt zunächst den Regeln der Raumgeometrie und dann denen der Raumbofläche. Diese zu gestalten, ist bekanntlich Aufgabe des Architekten.

Wie sieht der Raum aus, welche Ausstrahlung soll er haben, wie soll er klingen? Genau diese Fragen haben wir Architekturstudenten im Entwurfsseminar des zweiten Studienjahres in Waterford (Irland) gestellt.

„Wie soll das Gebäude klingen?“ Dies ist natürlich eine rhetorische Frage, die man als junge Architektin oder junger Architekt kaum, im Rahmen einer siebenwöchigen Entwurfsübung im Grundstudium aber immerhin ansatzweise beantworten kann.

Wenn Licht für den ambitionierten Entwurfer weitaus mehr ist als „hell“ und „dunkel“, sollte dann Klang, oder sagen wir „Sound“, nicht mehr sein als „laut“ oder „leise“?

Wer jemals den Film „Der dritte Mann“ gesehen hat, wird die Schlusszenen aus der Wiener Unterwelt vermutlich allein am „Sound“ des Geschehens wiedererkennen. Die Charakteristik und die Ausstrahlung

von Handlung und Handlungsort haben sich nicht nur visuell, sondern auch akustisch ins Gedächtnis eingebrannt, vielleicht eher unbewusst, dafür aber nachhaltig.

Ein städtisches Abwassersystem, wie hier im Nachkriegs-Wien, ist zwar ein grandioses Ingenieurbauwerk, doch kaum jemand derer, die an der Planung beteiligt waren, wird sich jemals viel Gedanken über die Akustik der unterirdischen Abwasserkanäle gemacht haben. So gesehen – und so gehört, klingt dieses Bauwerk eigentlich unverhältnismäßig gut und eindrucksvoll, selbst wenn wir annehmen müssen, dass die Soundeffekte im Film technisch verstärkt worden sind. Die Wiener Unterwelt jedenfalls ist hier nicht nur ein Handlungsort, sie ist eine Hörlandschaft: Das Setting wird im Soundtrack zum Soundscape¹⁾.

„Kann man Architektur hören?“ fragt sich *Steen Eiler Rasmussen*²⁾ 1962 in seinem höchst lesenswerten Buch „Experiencing Architecture“³⁾.

Im Kapitel „Hearing Architecture“ schreibt er sinngemäß⁴⁾:

„Viele Leute würden vermutlich sagen: Architektur kann man nicht hören, schließlich produziert sie keine Geräusche. Doch Architektur strahlt doch auch kein Licht aus, und trotzdem kann man sie sehen! Wir nehmen jenes Licht wahr, das von der Architektur reflektiert wird: Dadurch erhalten wir einen Eindruck von Form und Material. Unterschiedlich geformte Räume und unterschiedliche Materialien erzeugen unterschiedlichen Nachhall. Wir sind uns nur selten bewusst, wie viel wir hören können. Der starke Eindruck durch das Seherlebnis macht uns oft vergessen, wie sehr unser Eindruck von einem Gegenstand auch durch die anderen Sinne geprägt ist. Wenn wir beispielsweise einen Raum als kalt und streng bezeichnen, meinen wir nicht unbedingt, dass die Temperatur dort niedrig sei; unser Urteil entspringt eher einer intuitiven Antipathie zu den Formen und Materialien in diesem Raum, anders ausgedrückt, der Art wie wir fühlen. Vielleicht liegt es auch an den Farben, die wir als

^{*)} Überarbeitete Fassung eines Vortrags vom Juni 2008 im Rahmen der Fachkonferenz Acoustics 08 in Paris.

¹⁾ Der Begriff „Soundscape“ wurde erstmals in den 1960er Jahren von *Raymond Murray Schafer*, Komponist und damals Professor an der Simon Fraser University in Burnaby (Kanada) und Städteplaner *Michael Southworth* unabhängig voneinander eingeführt. Vgl. <http://de.wikipedia.org/wiki/Soundscape> (Juli 2008).

²⁾ *Steen Eiler Rasmussen* (1898-1990) war Architekt, Stadtplaner und Professor an der Königlich Dänischen Akademie der Künste in Kopenhagen.

³⁾ *Rasmussen, S. E.*: *Experiencing Architecture*. Cambridge U.S.A. 1959, reprint 1989, S. 225ff. Auf Seite 226 bezieht sich *Rasmussen* auf den Film „Der Dritte Mann“.

⁴⁾ Die deutsche Ausgabe von „Experiencing Architecture“ erschien 1980 unter dem Titel „Architektur-Erlebnis“ im Verlag Karl Krämer in Stuttgart, ist aber vergriffen. Der hier zitierte Textauschnitt wurde daher sinngemäß vom Englischen ins Deutsche übertragen.

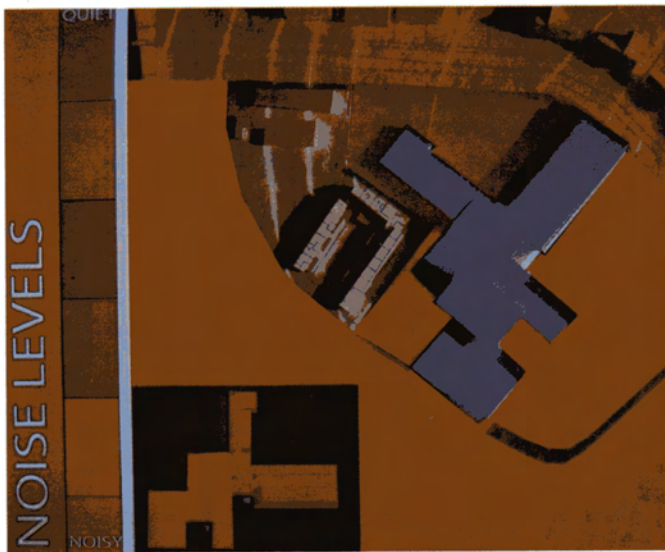


Bild 1 Städtebauliches Konzept für den Schulentwurf.

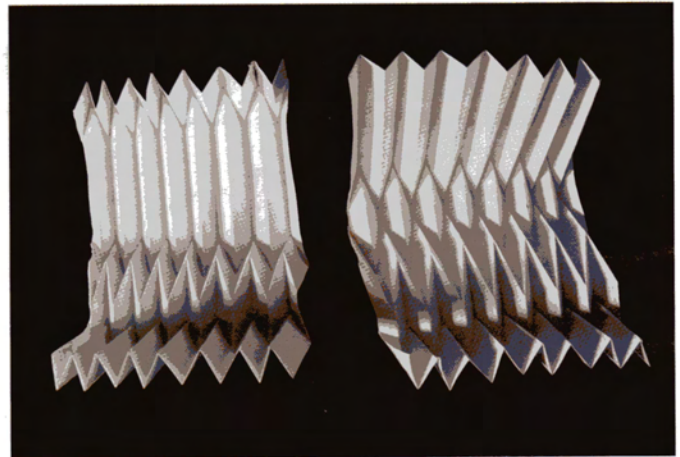


Bild 2 Detail von Faltenwerken.

kalt empfinden würden, also an der Art wie wir sehen. Oder aber am Klang, den wir besonders bei hohen Tönen als hart bezeichnen würden, an der Art wie wir hören. Wäre derselbe Raum mit warmen Farben oder mit flauschigen Teppichen und Vorhängen ausgestattet, um die Akustik zu mildern, würden wir den Raum möglicherweise als warm und gemütlich bezeichnen, obwohl die Temperatur dieselbe wäre wie zuvor. (...)"

Zwei Aspekte dieser Annäherung an die Akustik sind besonderes bemerkenswert: Zum einen stellt Rasmussen eine starke Verbindung zwischen Licht und Klang her, wenn er von Reflexionen spricht, sei es durch Licht- oder durch Klangausbreitung. Zum anderen verzichtet er auf fast alle gän-

gigen Begriffe, Geräusche betont poetisch oder nüchtern physikalisch zu beschreiben. Kein Wort von Stille oder Lautstärke, Lärm oder Schalldruck. Sein Ansatz zielt auf die gefühlte Atmosphäre und den Komfort. Ihn interessiert die Beschreibung von Qualitäten, weniger die Berechnung von Quantitäten. Man könnte auch sagen: Er will weniger wissen, wie viel, sondern wie gut und wie angenehm etwas zu hören ist.

Nichts im Grundstudium der Architektur wäre fataler, als den Entwurfsprozess zu Beginn mit allzu komplexen kulturellen, sozialen oder ökologischen Fragestellungen zu überhäufen und damit den kreativen Gestaltungsprozess auszubremsen. Im zweiten Studienjahr fanden wir es aber angemessen, die Studenten nacheinander an zwei etwas schwer greifbare, dafür aber auch sehr preiswerte und nachhaltige „Baustoffe“ heranzuführen, nämlich Licht und Schall, oder eben Klang⁵⁾.

Das Studium von Lichtphänomenen erschließt sich dem visuell veranlagten Designer ohne weiteres, warum also sollte es sich nicht auch als Vorbereitung auf die Auseinandersetzung mit akustischen Beobachtungen eignen?

Zugegeben, Licht und Schall sind zweierlei Dinge. Wir wissen um den Unterschied zwischen Lichtstrahlen und Schallwellen. Wir haben gelernt, dass Lichtstrahlen viel schneller als Schallwellen sind, dass der eigentliche Unterschied aber in der Wellenlänge der Schallwellen und der Lichtstrahlen, die ja eigentlich auch Wellen sind, besteht. Wir erinnern uns, dass das Licht mit seinen eher kurzen Wellenlängen kaum an Hindernissen vorbeikommt, während sich der Schall mit seinen längeren Wellenlängen geschickt um Gegenstände „herumwickeln“ kann. Wir wissen aber auch, dass

in einem Architekturmodell Schallwellen, d. h. Klangphänomene, recht gut und präzise durch Licht simuliert werden können⁶⁾.

Im ersten Semester wurden daher die Studenten nach Erstellung ihrer Entwurfskonzepte für ein Wohnhaus mit Atelier anhand von Arbeitsmodellen nach der Tageslichtqualität in ihren Entwürfen befragt. Sie wurden gebeten, verschiedene Lichtqualitäten in ihren Arbeitsmodellen auszuprobieren, diese reell zu erfahren und gezielte Lichtstrategien für den endgültigen Entwurf zu entwickeln.

Im zweiten Semester sollten die Studenten ein Schulprojekt erarbeiten. Den „Light Studies“ sollten nun im Rahmen der neuen Semesteraufgabe „Sound Studies“ folgen. Wie schon beim Licht wurde in der Einführung zum Thema Klang nicht nach physikalischen Größen gefragt. Dezibels standen nicht im Mittelpunkt des Interesses.

Die Studenten wurden gebeten, einige wenige Hörbeispiele zur Akustik in Klassenräumen anzuhören und ihre Höreindrücke verbal zu beschreiben und zu differenzieren. Dabei wurde ihnen zunächst verschwiegen, dass es sich um drei simulierte identische Sprechproben in einem Klassenraum mit einer unterschiedlich langen Nachhallzeit, d. h. in diesem Zusammenhang in einem Klassenraum mit mittelmäßiger, guter und sehr guter Sprachverständlichkeit, handelt⁷⁾.

Die Erkenntnis aus diesem Hörerlebnis ist für die Studenten so einfach wie substantiell: Gute Raumakustik ist zuallererst eine Frage des Nachhalls und der Sprachverständlichkeit, d. h. der Qualität, und erst dann eine Frage der Lautstärke, d. h. der Quantität⁸⁾. Ist der Sound klar oder ver-

⁵⁾ Vgl. Madsen, M.; Kristensen, P. T.: Daylight as a Building Material. In: Detail Practice (Hrsg.: Augustesen, C. et al.): Lighting Design. München 2006, S. 92 ff.

⁶⁾ Vgl. Brooks, C. N.: Architectural Acoustics. Jefferson U.S.A. 2003, S. 50f: „Sound-reflecting surfaces are modelled by light-reflecting materials. A model can be built of light-reflecting material, such as polished aluminium, or the surfaces of an existing model can be covered with a light-reflecting material. A lamp or laser is used to model the sound source. (...)“

⁷⁾ Es wurden Hörbeispiele der Fa. Lahnau Akustik GmbH für Klassenräume mit 1,1, 0,7 und 0,5 s Nachhallzeit benutzt, siehe www.wilhelmi.de.

⁸⁾ Die Amerikanische Gesellschaft für Akustik ASA hat 2000 eine sehr hilfreiche Veröffentlichung zur Akustik in Klassenräumen herausgebracht, die kostenlos online abgerufen werden kann, siehe: „Classroom Acoustics“, <http://asa.aip.org>

⁹⁾ Vgl. Beranek, L.: Concert Halls and Opera Houses. Second edition, New York 2004, S. 30ff. Beranek „Language of Musical Acoustics“ benutzt Begriffe wie „Wärme“ oder „Akustische Blendung“.

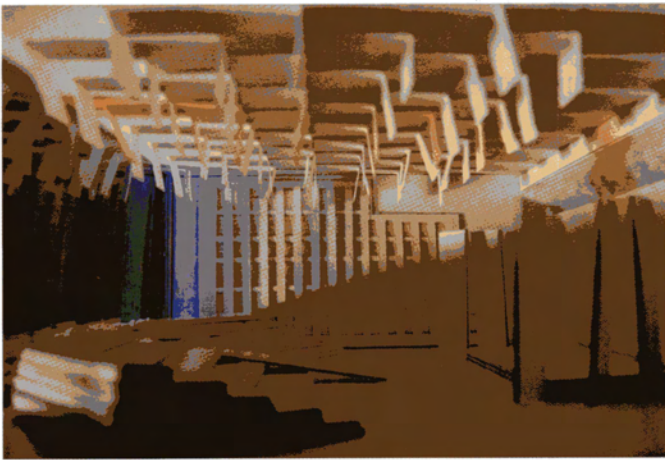


Bild 3 Modell eines Vortragssaals.

schwommen? Klingt der Raum hart oder weich? *Rasmussen* würde vermutlich fragen: Empfindet man das Ambiente als kalt oder als warm, abgesehen von der Raumtemperatur?⁹⁾ Werden Raumgeometrien und -oberflächen in einer Entwurfsidee dieselben bleiben, wenn sich Architekten diese oder ähnliche Fragen stellen? Lohnt es sich, über den Klang eines Gebäudes nachzudenken, auch wenn es sich nicht um einen Konzertsaal handelt?

„Wie wird Dein Gebäude klingen“ haben wir die Studenten von nun an zum Ende jeder Projektbesprechung gefragt. Wie sie diese freundliche Provokation in ihren Projekten umsetzen würden, haben wir ihnen überlassen. Das Nachdenken über Akustik im zweiten Studienjahr der Architektur sollte die Entwurfsprojekte bereichern, keineswegs blockieren.

Hier sind einige Resultate:

● **Barry Walsh** unterlegte sein städtebauliches Konzept für seinen Schulentwurf mit „Noise Levels“, die ihm bei der Ortsbegehung des Grundstücks aufgefallen waren. Die Ausrichtung von Teilen seines Entwurfs wird diese Beobachtungen später berücksichtigen. Im Seminar waren weder städtebauliche Aspekte der Akustik noch die Strategie der Lärmkartierung, des „Noise Mapping“ behandelt oder nur erwähnt worden (Bild 1).

● **Danilo Suhrweier** experimentierte mit Faltwerken für Decken- und Wandausbauten. Die Frage, inwieweit diese Elemente nun Schall absorbieren, reflektieren oder diffundieren, konnte im Rahmen dieser kurzen Übung nicht abschließend geklärt werden. Viel wichtiger ist wohl auch zu erkennen, ab wann ein Architekt den Fachplaner, in diesem Fall den Akustikplaner hinzuziehen sollte (Bild 2).

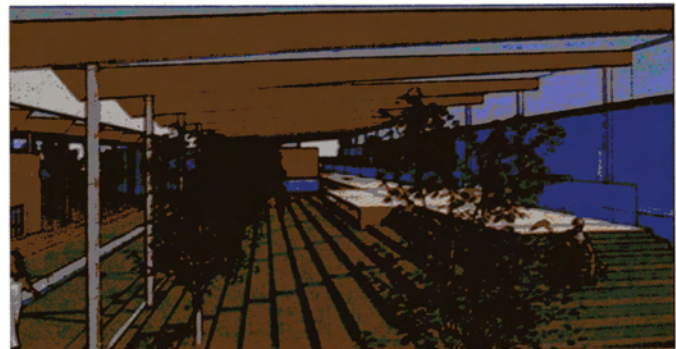
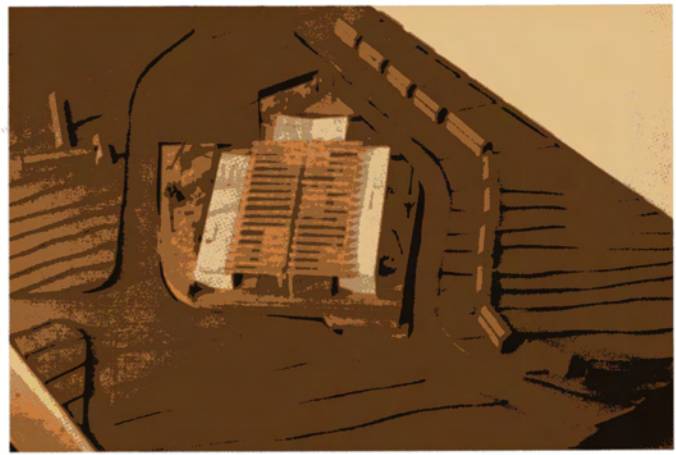


Bild 4 Hörlandschaft im Schulentwurf.

● **Rachel Farrell** erkundete in ihrem Entwurfsmodell eines Vortragssaals verschiedene Materialien und Oberflächen, um den Raum akustisch zu gestalten. Ihr Vorschlag umfasste zahlreiche Ideen für eine fruchtbare Diskussion mit dem Fachplaner (Bild 3).

● **James Nally** schuf in seinem Entwurf für eine Schule einen intimen, aber öffentlichen mit Glas überdachten Gartenhof. Eine Hörlandschaft, ein Soundscape? Vielleicht hat er sich beim Entwerfen spielende Kinder, prasselnde Regentropfen und lauschige Sommerwinde vorgestellt. Wir glauben jedenfalls, dass das Hören in seinem Entwurf angekommen ist – nicht mit Dezibel, aber mit Imagination und Kreativität (Bild 4).

Viele Studenten haben sich und uns im Übrigen gefragt, wie sie denn ihre Ideen zur

Raumakustik zeigen, „sichtbar“ machen sollten. Während man Licht und Schatten fotografieren oder zeichnen kann, ist es unendlich schwieriger, akustische Beobachtungen und Klangkonzepte in der traditionellen Sprache der Architektur, dem Plan und dem Modell, darzustellen. Diese Frage wird uns im Weiteren begleiten und herausfordern.

Architekt **Jürgen Bauer** unterrichtet im zweiten Studienjahr Entwurf am Waterford Institute of Technology in Irland.



KOHLHAUERPLANTA®
DIE BEGRÜNBARE
SCHALLSCHUTZWAND

- Beidseitig hochabsorbierend, schalldämmend und effizient
- Wirtschaftliche Bau-/Betriebskosten
- Innovativ, ökologisch und nachhaltig

KOHLHAUER
PLANTA

Kommunale
Baugebiete
Innerstädtisch
Gewerblich
Privat

R. Kohlhauer GmbH · Draistraße 2 · 76571 Gaggenau · Tel. 0 72 25 / 97 57-0 · info@kohlhauer.com · www.kohlhauer.com