

27 (2000) Neue Forschungsergebnisse, kurz gefaßt

K. Naßhan

## Auralisationsprogramm zur Demonstration bau- und raumakustischer Wirkungen von Bauteilen

### Einleitung

Der subjektiv empfundene Lärm am Arbeitsplatz ist einer "der wichtigsten Risikofaktoren für Herzinfarkte" [1]. An anderer Stelle [2] stellt das Umweltbundesamt fest, daß "ca. 8 Millionen Bürger einem erhöhten Gesundheitsrisiko (Beeinträchtigung des Herz-Kreislauf-Systems) durch Straßenverkehrslärm ausgesetzt sind". Fakten, die verdeutlichen, daß Lärmschutz dringend ist. Die schalldämmende Eigenschaft

von Bauteilen wird im allgemeinen durch das im Labor gemessene bewertete Schalldämm-Maß ( $R_w$ ) gekennzeichnet. Aus den Schalldämm-Maßen der Bauteile wird beispielsweise nach DIN EN 12 354 [3] ein bewertetes in-situ-Schalldämm-Maß ( $R'_{w}$ ) berechnet. Allein dieser  $R'_{w}$ -Wert wird herangezogen, um die Qualität des Schallschutzes einzustufen. Unberücksichtigt bleibt dabei die Art des in der jeweiligen Situation vorhandenen Anregergeräusches. Einbrüche im Frequenz-

**Lafarge Gips GmbH und Fraunhofer-Institut für Bauphysik Akustik und Schallschutz leicht gemacht. Hören Sie rein!**

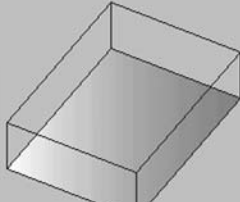
Für angenehmes Wohnen und Arbeiten ist ein effektiver Schallschutz von wichtiger Bedeutung. Sowohl der Lärm von außen als auch von innerhalb des Hauses spielen hierbei eine Rolle. Lärm wirkt als störend und leistungsmindernd, er erhöht die Fehlerhäufigkeit und das Unfallrisiko am Arbeitsplatz, er schädigt das Hörvermögen und er mindert die Wohnqualität im häuslichen Bereich. Schutz vor Lärm ist daher eine wesentliche Aufgabe bei der Planung und dem Errichten von Gebäuden. Mit dem Einbau von Trockenbau-Konstruktionen kann man wirksam und kostengünstig den Schallschutz verbessern.

Das Projekt Auralisation demonstriert eindrucksvoll mit Klangbeispielen, wie sich die Raumakustik durch den Einbau verschiedener Konstruktionen beeinflussen läßt. Mit diesen Aufnahmen wird plastisch, daß sich z.B. mit Lochplatten die Raumakustik verbessern, mit Lafarge-Konstruktionen die Schallübertragung verringern läßt.

Zu hören sind die jeweiligen akustischen Gegebenheiten vorher, ohne Trockenbau-System, und zum Vergleich die Veränderungen nach Einbau der Systeme. Prüfen Sie die Wirkung! Hier wird dokumentiert, wie effizient mit trockenem Innenausbau von Lafarge Gips Schallschutz-Anforderungen gemeistert werden können.

**Raumakustische Elemente**

Details

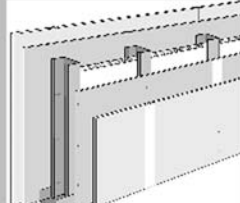


Auswahl

- kein Element
- Besprechungsraum leer
- Besprechungsraum leer mit Akustikdecke
- Besprechungsraum besetzt mit Akustikdecke

**Bauakustische Elemente**

Details




Auswahl

- kein Element
- Einfachständerwand, einlagig beplankt
- Einfachständerwand, doppelt beplankt
- Doppelständerwand, doppelt beplankt
- Porenbetonwand (berechnet)

**Schallquellen**

0 dB  
 +10 dB  
 +20 dB



Auswahl

- Musik (Jazz)
- Schreibmaschine
- Nadeldrucker
- startendes Flugzeug

Bild 1: Hauptauswahlfenster des Messedemonstrationsprogramms.

gang der Schalldämmung werden gemittelt. Auch wenn durch Spektrumanpassungswerte ( $C$ ,  $C_T$ ) spezielle Anregungen berücksichtigt werden können, bleibt ein Unterschied zwischen dem objektiven, nach Norm errechneten Kennwert und dem subjektiv empfundenen Lärm. Für die raumakustische Auslegung von Räumen gilt ähnliches. Die DIN 18041 [4] gibt ausschließlich die Sabine'sche Nachhallzeit als objektives Auslegungskriterium vor. Selbst wenn zusätzlich andere objektive, raumakustische Maße berücksichtigt werden, der subjektiv empfundene Eindruck bleibt eine weitgehend unbekannte Größe. Hier setzt die Auralisation ein. Sie berechnet die Ausbreitung des Schalls von der Quelle bis zum Ohr und stellt das Ergebnis akustisch dar. Dadurch kann man sich ohne weitere akustische Fachkenntnisse einen subjektiven Eindruck der jeweiligen Situation verschaffen, und dies bereits im Planungsstadium.

### Prinzip der Auralisation

Grundsätzlich benötigt man für jede Auralisation drei Elemente: eine Transferfunktion zur Beschreibung der Situation, eine geeignete Schallquelle und eine leistungsfähige Signalverarbeitung. Im Falle der Auralisation der Schalldämmung eines Bauteils [5] genügt zur Bestimmung der Transferfunktion die Kenntnis der frequenzabhängigen Laborwerte des Schalldämm-Maßes. Die Transferfunktion kann auch aus einem theoretischen Modell, das die Schalldämmung des Bauteils vorhersagt, gewonnen werden. Für geplante Bausituationen können Prognoseverfahren verwendet werden, um die Transferfunktion zu berechnen.

Für die raumakustische Auralisation [6] wird die zeit- und richtungsabhängige Schallenergieverteilung berechnet. Zielgrößen sind die nach Einfallrichtungen geordneten Raumimpulsantworten, die die Antwort des Raumes am Hörerplatz beschreiben, wenn vom Schallsender ein Impuls abgestrahlt wird. Sie charakterisieren die jeweilige Situation vollständig. Weiter werden die Außenohr-Übertragungsfunktionen benötigt, die die für jeden Menschen verschiedenen Schallübertragungswege von einer Schallquelle bis hin zu den Trommelfellen nachbilden. Durch geeignete binaurale Modelle können "Standardköpfe" definiert werden, so daß - wenn auch unter Qualitätsverlusten - auch ohne Messung der individuellen Außenohr-Übertragungsfunktionen auralisiert werden kann.

Als Schallquellen finden, je nach Übertragungssituation, Aufnahmen aus einem reflexionsarmen Raum bzw. aus dem Freifeld Verwendung. Zur Signalverarbeitung werden spezielle Audioprozessoren oder Soundkarten eingesetzt. Die Wiedergabe erfolgt über Kopfhörer.

### Realisierung des Messedemonstrationsprogramms

Ein Bauteilehersteller wollte Messebesucher von der akustischen Qualität seiner Produkte überzeugen. Dazu wurde ein Auralisationsprogramm entwickelt, welches wiedergibt, wie sich verschiedene bau-



Bild 2: Detailsicht und -beschreibung eines Bauteils.

und raumakustische Ausführungsvarianten anhören. Das Programm sollte von Messebesuchern selbst bedient werden können. Daher war eine möglichst intuitive Nutzerführung gefordert. Sämtliche Betriebssystemfunktionen, die den Wechsel zu anderen Programmen ermöglichen, wurden abgeschaltet, und zum Beenden des Programms ist ein Passwort erforderlich. Damit die bau- und raumakustischen Auralisationsbeispiele ohne teure Zusatzhardware dargeboten werden können, wurden vorab Tonaufnahmen hergestellt, die dann auf Mausclick abgespielt werden. Dem Einsatz auf internationaler Ebene entsprechend können alle Texte und Beschriftungen wahlweise in deutsch, englisch oder in anderen Sprachen angezeigt werden.

Bei der Programmentwicklung wurde auf leichte Erweiterbarkeit der Anzahl der bau- und raumakustischen Elemente, der Schallquellen und Sprachen geachtet, so daß Ergänzungen ohne erneute Kodierung möglich sind. Bild 1 zeigt die deutschsprachige Hauptauswahlseite des Programms. Die Bedienung des Programms erfolgt in den Räumen auf der rechten Seite der Oberfläche. Je nach Auswahl von Schallquellen und Elementen wird, unmittelbar nach dem Mausclick, die jeweils zugehörige Audiodatei abgespielt. Bei der in Bild 1 getroffenen Auswahl wird dargeboten, wie sich die Musik einer Jazzband, die im Nachbarraum (Senderraum) spielt, durch eine doppelt beplankte Einfachständerwand in einem leeren Besprechungsraum (Empfangsraum) anhören würde. Mit maximal drei Mausclicks gelangt man zu jeder beliebigen Kombination von Schallquelle, Trennwand und Raum. Bei einem niedrigen Pegel im Empfangsraum kann das dargebotene Geräusch linear in 10 dB-Schritten angehoben werden. Diese Möglichkeit ist in relativ lauten Messeumgebungen ein nützlicher Notbehelf. Es sollte jedoch nicht vergessen werden, daß die subjektive Empfindung lautstärkeabhängig ist. Durch Anklicken der Schaltfläche "Details" gelangt man in ein Fenster, das genauere Informationen zum jeweiligen Element bietet (Bild 2). Die Auralisation wird dabei nicht unterbrochen.

### Ergebnis

Es ist gelungen, ein robustes, nutzerfreundliches Programm zu erstellen, das verschiedene bau- und raumakustische Ausführungsvarianten auralisiert. Somit wird einem Besucher ermöglicht, kraft eigenen Gehörs, eine subjektive akustische Qualitätsbewertung verschiedener Bauprodukte vorzunehmen. Präsentationen fanden z. B. bei der Bau-messe "Budma" in Posen (Januar 2000) und der "Bautec 2000" in Berlin (Februar 2000) statt. Messebesucher waren von den Möglichkeiten, durch geeignete Wahl der Bauteile Lärmwirkungen zu mindern und die Akustik eines Raumes angenehmer zu gestalten, beeindruckt.

### Literatur

- [1] Umweltbundesamt: Streß durch Arbeitslärm kann das Herzinfarktrisiko erhöhen. Pressemitteilung Nr. 14/96, Berlin, 1. Juli 1996.
- [2] <http://www.umweltbundesamt.de/uba-info/daten/laermbelaestigung-strassenverkehr.htm;> Stand vom 18. November 1998.
- [3] DIN EN 12 354 Bauakustik - Berechnung der akustischen Eigenschaften von Gebäuden aus den Bauteileigenschaften. Schlußentwurf, April 1999.
- [4] DIN 18041: Hörsamkeit in kleineren und mittleren Räumen. Beuth-Verlag, Oktober 1968.
- [5] Naßhan, K.: Bauakustische Auralisation in Echtzeit, IBP-Mitteilung 26 (1999), Nr. 348
- [6] Naßhan, K.: Auralisation quaderförmiger Arbeitsräume, IBP-Mitteilung 24 (1997), Nr. 327

Das Programm wurde im Auftrag der Firma Lafarge Gips GmbH entwickelt. Die Gestaltung der Oberfläche geschah in Kooperation mit dem Auftraggeber. Er lieferte auch die erläuternden Texte und Bauteilzeichnungen.



**Fraunhofer** Institut  
Bauphysik

**FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR BAUPHYSIK (IBP)**

Leiter: Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Dr. h.c. mult. Dr. E.h. mult. Karl Gertis

D-70569 Stuttgart, Nobelstr. 12 (Postfach 80 04 69, 70504 Stuttgart), Tel. 07 11/9 70-00

D-83626 Valley, Fraunhoferstr. 10 (Postfach 11 52, 83601 Holzkirchen), Tel. 0 80 24/6 43-0