

26 (1999) Neue Forschungsergebnisse, kurz gefaßt

K. Naßhan

Bauakustische Auralisation in Echtzeit

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 Schall-

dämm-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 Anregeräusches. Einbrüche im Frequenzgang der Schalldämmung werden weggemittelt. 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

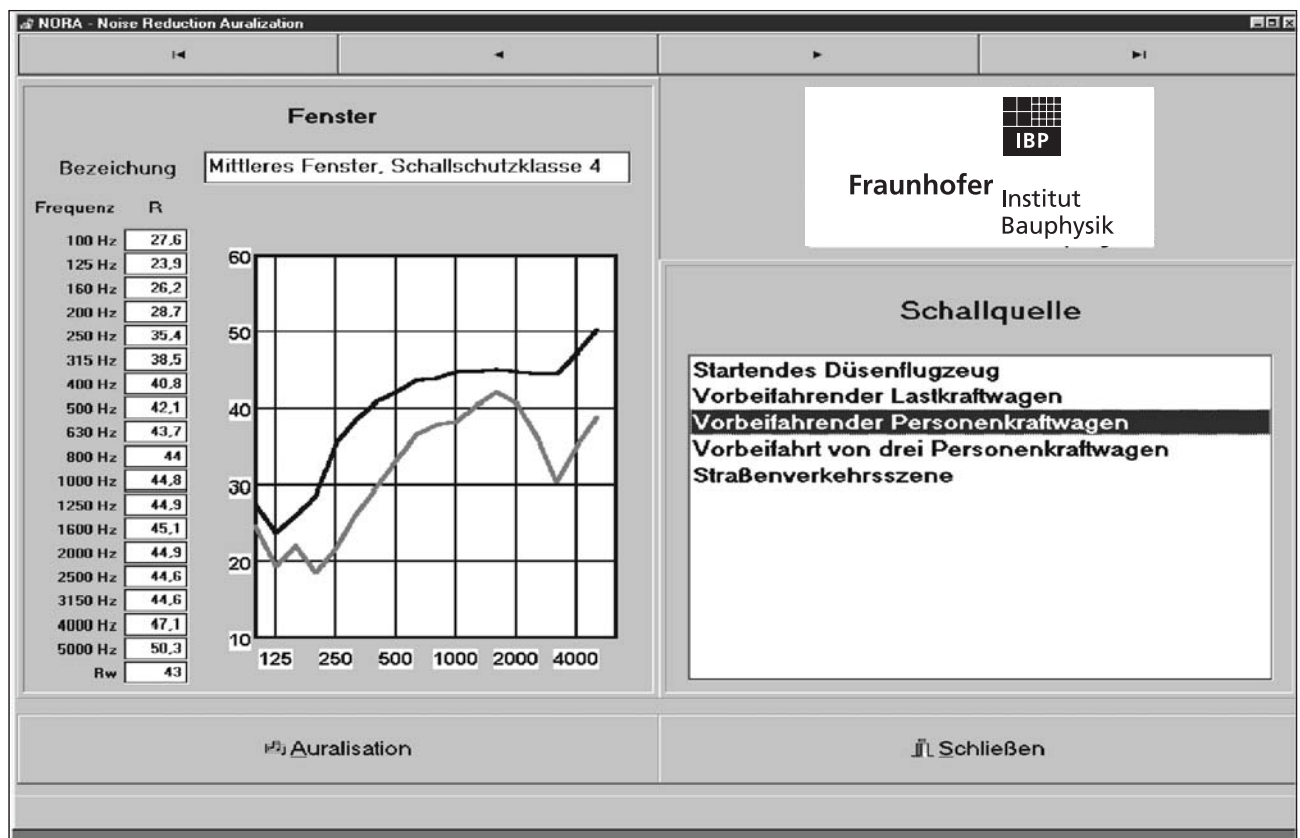


Bild 1: Programm NORA (Noise Reduction Auralization) zur Hörbarmachung der Schalldämmung von Bauteilen in Echtzeit (Bildschirmoberfläche)

empfundene Lärm. Letzterer wird durch die Auralisation, also die rechnerische Hörbarmachung akustischer Vorgänge, erfahrbar. Bereits im Planungsstadium kann das Verhalten verschiedener Bauteile oder Bausituationen bei unterschiedlichen Anregergeräuschen (Straßen- oder Flugverkehr) dem Ohr dargeboten werden. Kraft eigenen Gehörs kann man die jeweilige Situation beurteilen.

Prinzip der bauakustischen 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 eines Bauteils genügt zur Bestimmung der Transferfunktion die Kenntnis der frequenzabhängigen Laborwerte der Schalldämmung. 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.

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

Echtzeit-Auralisation von Schallschutzfenstern mit dem Programm NORA

Eine typische Maßnahme zum Schutz vor Außenlärm ist der Einbau von Schallschutzfenstern. Bonikos [4] hat 90 Fenster nach Schallschutz und Gasfüllung in acht Klassen eingeteilt und in jeder Klasse die Schalldämm-Maße energetisch gemittelt. Diese "mittleren" Fenster wurden in eine Datenbank eingetragen. Aus diesen Datenbankeinträgen ermittelt das Auralisationsprogramm NORA (**N**oise **R**eduction **A**uralisation) eine Transferfunktion, die zur Ansteuerung einer handelsüblichen Soundcard verwendet wird. Als Schallquellen dienen Straßen- und Flugverkehrslärm, der so aufbereitet wurde, daß nach der Verarbeitung mit der Transferfunktion eine frequenzabhängig pegelgerechte Wiedergabe sowohl des Originalgeräuschs als auch des Geräuschs "hinter" dem Fenster möglich ist.

Im letzten Schritt der Auralisation werden Hardwarefunktionen der Soundkarte verwendet, um die Schallquellen mit der Transferfunktion in Echtzeit zum auralisierten Geräusch umzusetzen. Der Wechsel zwischen zwei verschiedenen Situationen geschieht so schnell, daß selbst die interne Uhr des PCs die Umschaltdauer nicht messen kann. Die "Wartezeit" liegt also deutlich unter 20 ms.

Mit den Pfeiltasten in der Programmoberfläche (**Bild 1**) kann in der Fensterdatenbank geblättert werden. Die Zahlenwerte der Schalldämm-Maße der Fenster werden am linken Rand angezeigt. Daneben sieht man die Kurvenverläufe zum Fenster, das gerade auralisiert wird (helle Linie), und zu jenem Fenster, zu dem in der Datenbank geblättert wurde und zu dem umgeschaltet werden kann (dunkle Linie). Durch Drücken des Knopfes "Auralisation" wird zwischen beiden Fenstern umgeschaltet, die Wirkung des nächsten Fensters ist sofort hörbar. Durch diesen A-B-Vergleich können auch geringe Unterschiede im Schalldämmverlauf noch gehört werden. In dieser akustischen virtuellen Realität wird wäh-

rend eines Mausklicks ein Fenster ausgebaut und ein anderes eingebaut.

Auf der rechten Hälfte der Programmoberfläche genügt ein Mausklick auf eine der Schallquellen, und das entsprechende Geräusch wird in einer Endlosschleife dargeboten. Man kann so stundenlang und gründlich prüfen, ob das Maß der Belästigung bei einem bestimmten Fenster noch erträglich ist, oder ob man sich doch besser für mehr Lärmschutz entscheidet.

Mit der Echtzeitlösung NORA wurden auch die Grundlagen für eine Anbindung der bauakustischen Auralisation ans Internet gelegt. Die erforderlichen Daten können bereits heute unter Verwendung eines Modems in Sekundenschnelle heruntergeladen werden.

Systemanforderungen

Da die rechenintensiven Aufgaben von der Soundkarte übernommen werden, sind die Anforderungen an den PC recht niedrig. Er sollte unter Windows 3.1 oder höher laufen, mindestens 96 MByte RAM und 250 MByte freien Festplattenplatz sowie eine Soundkarte der oberen Mittelklasse besitzen.

Anwendungsmöglichkeiten

Da die Auralisation bereits im Planungsstadium einen subjektiven Höreindruck vermitteln kann, ist sie hervorragend geeignet, einem akustischen Laien die Vor- und Nachteile verschiedener Ausführungsvarianten darzubieten. Ein Bauherr beispielsweise kann sich über den akustischen Wert verschiedener Varianten eine eigene Meinung bilden. Bessere Beratung, aber auch Werbung werden unterstützt. Bei der Entwicklung eines neuen Produkts kann man sich bereits bei der Zielvorgabe der physikalischen Eigenschaften die akustische Wirkung anhören und die Entwicklungsziele überprüfen. Sogar Versuchsreihen mit Testpersonen sind möglich, bevor der erste Prototyp gefertigt ist. Subjektiv kundenorientiertes Produktdesign wird ermöglicht. Die Anwendung der Auralisation ist dabei nicht auf Fenster beschränkt. Es ist gleichgültig, ob die Transferfunktion zu einem Fenster, einer Tür, einer Wand oder was auch immer gehört, ob sie aus einer lokalen Datenbank oder von einem Internetserver geladen wird. Es wird ein realitätsnahes Hörerlebnis errechnet und dargeboten.

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.
- [4] Bonikos, F.: Schalldämmung von Fenstern bei Verkehrslärm. Diplomarbeit, Universität Stuttgart (1997).

Die Schallquellen wurden von Dipl.-Ing.(FH) B. Garni aufgenommen. Die Bezugskonditionen von NORA, das gemäß Kundenwünschen konfektioniert wird, werden auf Anfrage mitgeteilt (Kontakt: Fraunhofer-Institut für Bauphysik, Dipl.-Phys. K. Naßhan, Nobelstraße 12, D-70569 Stuttgart, Tel: 0711/970-3313).