

Wirkungsbezogene Gesamtlärmsimulation und -bewertung

Teilprojekt 1: Auralisationsinstrument zur subjektiven Bewertung von Lärm und Lärminderungsmaßnahmen (BWU 27006)

Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP, Stuttgart
Projektleitung: Prof. Dr. Philip Leistner

Kurzbeschreibung der Forschungsergebnisse

Kernstück des entwickelten Auralisationsinstruments ist eine Software, die eine individuelle Bewertung von Gesamtlärmsituationen ermöglicht. Mit dieser Software können Lärmsituationen einschließlich Lärminderungsmaßnahmen definiert, berechnet und als Audiosignal dargeboten werden (Auralisation). Für ungestörtes Hören in guter Qualität werden Kopfhörer empfohlen.

Welche Fortschritte ergeben sich für die Wissenschaft und/oder Technik durch die Forschungsergebnisse?

Erstmals wurden Auralisation und Internettechnologien gekoppelt: Audiodateien, Texte und Datenbanken liegen auf einem Server, die rechenintensive Auralisation läuft dagegen auf dem lokalen Rechner. Da die subjektive Beurteilung von Lärm von der Lautstärke abhängt, ist eine Kalibrierung der Wiedergabelautstärke des Kopfhörers oder der Lautsprecher erforderlich, was ohne zusätzliches Messinstrument erledigt werden kann. Die gleichzeitige Darbietung mehrerer Lärmquellen, eine Grundvoraussetzung für die Gesamtlärmbeurteilung, wurde auch bei der Simulation von Straßenverkehrslärm genutzt: Das Geräusch wird aus Geräuschen von Einzelvorbeifahrten synthetisiert. Als virtuelle Lärminderungsmaßnahmen stehen Lärmschutzwände, Schallschutzfenster und Schalldämpfer zur Verfügung. Der Gesamtlärm wird entweder für einen Ort im Freien (ländlich, städtisch) oder für diverse Innenräume (Schlafzimmer, Klassenzimmer, Turnhalle, ...) berechnet. Schließlich können Hintergrund- und Nutzergeräusche zugeschaltet werden.

Nutzen, insbesondere praktische Verwertbarkeit der Ergebnisse und Erfahrungen

Die Software kann aus dem Internet heruntergeladen und für private, nicht-kommerzielle Zwecke kostenfrei genutzt werden. Der Nutzer erhält damit erstmalig die Möglichkeit, die voraussichtlichen akustischen Wirkungen von Baumaßnahmen, Lärmschutzfenstern etc. selbst zu hören und zu bewerten. Außerdem informiert die Software über einige Grundlagen zum Thema Schall und Lärm.

Konzept zum Ergebnis- und Forschungstransfer auch in projektfremde Anwendungen und Branchen

Das Auralisationsinstrument wird in Kürze der Öffentlichkeit und Presse vorgestellt. Es gibt bereits Anfragen, die Software für spezielle Zwecke anzupassen. Es sind auch Publikationen in Fachzeitschriften vorgesehen, die das Interesse am Projektergebnis weiter steigern werden.

Teilprojekt 2: Hörakustische Bewertung (BWU 27007)

Katholische Universität Eichstätt-Ingolstadt
Professur für Arbeits-, Umwelt- und Gesundheitspsychologie
Projektleitung: Prof. Dr. Jürgen Hellbrück

Fragestellung der Untersuchung

Die zentrale Fragestellung des Teilprojektes II betraf die Bewertung der Lautheit und Lästigkeit von Umweltlärm nach Anwendung von Lärmschutzmaßnahmen. Dies wurde mittel Kategorien- und Verhältnisskalierung untersucht.

Ergebnisse

Bezüglich der *Kategorienskala* ergab sich ein enger linearer Bezug des äquivalenten Dauerschallpegels (L_{Aeq}) zu den jeweiligen Urteilskategorien. Das lineare Regressionsmodell zugrunde gelegt entspricht Lärm mit einem L_{Aeq} um ca. 30 dB(A) der Kategorie „leise“, ein L_{Aeq} um ca. 45 dB(A) der Kategorie „mittellaut“, ein L_{Aeq} um ca. 60 dB(A) der Kategorie „laut“ und ein L_{Aeq} um ca. 75 dB(A) der Kategorie „sehr laut“. Für die Praxis der Lärminderung bedeutet dies, dass eine Schallpegelabsenkung von rund 15 dB(A) notwendig ist, um die empfundene Lautstärke des Geräusches um eine Lautstärkenkategorie zu reduzieren. Bezüglich der Frage: „Wie belästigt fühlen Sie sich durch diesen Lärm?“ entsprächen Geräusche um ca. 22 dB(A) dem Urteil „etwas lästig“, Geräusche um ca. 38 dB(A) dem Urteil „mittelmäßig lästig“, Geräusche um ca. 54 dB(A) dem Urteil „stark lästig“ und Geräusche ab ca. 70 dB(A) dem Urteil „äußerst lästig“. Für eine Reduktion des Lästigkeitsurteils um eine Kategorie ist somit eine Dämmung um ca. 16 dB(A) erforderlich. Die Vorhersage der Lästigkeit aus dem Schallpegel gelingt für fast alle Lärmarten sehr gut ($R^2 > .90$), lediglich der Lärm der Motorsense und in geringerem Maße der Kinderlärm weisen durch ihren ausgeprägten Anteil an hohen Frequenzen (Schärfe) eine zusätzliche Lästigkeitskomponente auf.

Bezüglich der *Verhältnisskalierung* sollten die Beurteiler angeben, um wie viel leiser bzw. weniger lästig sie den gedämmten Lärm im Vergleich zum ungedämmten Lärm empfanden. Um die Lautheit bzw. auch die Lästigkeit um die Hälfte zu reduzieren, benötigt man eine Pegelminderung um ca. 20 dB.

Weiterhin wurde untersucht, wie sich die *Sprachverständlichkeit* unter Lärm durch die Anwendung von Schallschutz verbessert. Gemessen wurde dies mittels der empfundenen Höranstrengung. Diese verminderte sich signifikant von einer Schallschutzklasse zur nächsthöheren. Für ein müheloses Verstehen (Höranstrengungsurteil: „überhaupt nicht anstrengend“) zeigte sich, dass die Schalldämmmaßnahme den Lärmpegel mindestens so weit senken sollte, dass der Sprachpegel um 13 dB(A) über dem Lärmpegel liegt.

Bezüglich der *Gesamtlärmproblematik* konnte das Dominanzmodell gute Vorhersagen liefern ($R^2 = 0.90$): Die Lästigkeit des kombinierten Lärms hängt in erster Linie von der Lästigkeit der dominanten Einzelquelle ab. Weitere (nicht-dominante) Lärmquellen tragen aber ebenfalls zum Gesamtlärmeindruck bei. Der Gesamtlärm hinterlässt also immer einen stärkeren Eindruck als die einzelnen Lärmquellen.

Wissenschaftlicher Fortschritt und Nutzen

Die Ergebnisse zeigen klar, dass die klassische Daumenregel, wonach sich bei einer Pegelminderung um 10 dB die empfundene Lautheit um die Hälfte reduziert, bei - in der Regel breitbandigem - Umweltlärm nicht zutrifft. Die relativ hohe Diskrepanz könnte aber auch zum Teil versuchstechnisch dadurch bedingt gewesen sein, dass nur relativ stark gedämmte Versionen des jeweiligen ungedämmten Lärms zu beurteilen waren (Pegelminderungen durchgehend um mehr als 18 dB). Es ist zu untersuchen, ob eine gleichmäßigere Verteilung der Stimuli auf der Beurteilungsdimension diese Diskrepanz vermindert. Es ist allerdings zu erwarten, dass auch dann 10 dB Minderung nicht ausreichen werden, um die empfundene

Lautheit bzw. Lästigkeit zu halbieren. Dies zeigen frühere Untersuchungen zur Verhältnisskalierung von breitbandigen Geräuschen.

Durch Verwendung von Kategorienskalen konnte gezeigt werden, welchen Mittelungspegeln alltagsprachliche Bewertungen von Lautheit und Lästigkeit von Umweltlärm entsprechen. Dies ist für die Kommunikation von Lärmbetroffenen und der Einschätzung der Betroffenheit von erheblicher Bedeutung. Sie dient ferner der Validierung des in Teilprojekt I entwickelten Auralisationsverfahrens.