

Zeitschrift: Schweizer Ingenieur und Architekt
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 108 (1990)
Heft: 30-31

Artikel: Körperschall: Übertragung in Gebäuden - gezielte Ortung durch Intensitätsmessung
Autor: Zogg, Hans
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-77481>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 17.03.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Körperschall

Übertragungsbrücken in Gebäuden – gezielte Ortung durch Intensitätsmessung

Neben der bereits etablierten Methode der Luftschall-Intensitätsmessung wurden in letzter Zeit auch Verfahren zur Messung von Körperschall-Intensität entwickelt. Damit lässt sich die Ausbreitungsrichtung von BiegeWellen an Oberflächen bestimmen. Durch eine gezielte Anwendung dieser Methode lassen sich Schwachstellen von Baukörpern bestimmen, welche Körperschall-Übertragungsbrücken darstellen.

Körperschall-Intensität

Bei der Übertragung von Lärm in Gebäuden bildet die Übertragung von Schall über den Gebäudekörper, wel-

VON HANS ZOGG,
WINTERTHUR

che als Körperschall bezeichnet wird, oft ein schwierig zu behandelndes Problem, sowohl für die Berechnung als auch bei der messtechnischen Erfassung. Mit dieser Übertragungsart kann sich Lärm von einer Quelle über grosse Distanzen in entfernte Gebäudeteile ausbreiten. Die Schwingungen eines Erregers werden in die Struktur eingeleitet, in Form von Körperschall weitergeleitet und von leicht schwingfähigen Flächen als Luftschall abgestrahlt, welcher zu Belästigungen Anlass gibt. Oft entstehen Körperschall-Brücken durch Fehler bei der Bauausführung. Die Lokalisierung solcher Übertragungswege mit den bisher bekannten Messmethoden (Luftschall, Körperschall mittels Beschleunigungsaufnehmern) stellte eine schwierige Aufgabe dar. Aus den Schwingungs- oder Abstrahlmaxima einer Fläche kann nicht unmittelbar auf den Übertragungsweg oder auf Schallbrücken geschlossen werden.

Nachdem Luftschall-Intensitäts-Messungen schon seit längerer Zeit eingeführt sind und sich als sehr wirkungsvoll für die Schallquellenortung erwiesen haben, wurden nun in letzter Zeit auch Verfahren für die Messung von Körperschall-Intensität entwickelt. Aus der wachsenden Zahl von Publikationen zu diesem Thema seien Arbeiten von Kruppa [1] und Maysenhölder [2], [3] erwähnt.

Im folgenden werden die Grundlagen der Körperschall-Intensitätsmessung kurz beschrieben, und es werden Erfahrungen bei der Anwendung in einem Einfamilienhaus geschildert.

Das Körperschall-Messverfahren

Analog zur Methode der Luftschall-Intensitätsmessung mit zwei Druckmikrofonen (Gradientenmethode) wird die Körperschallintensität von BiegeWellen einer homogenen Platte mit zwei Beschleunigungsaufnehmern gemessen. Diese werden in einem Abstand, der kurz gegenüber der BiegeWellenlänge ist, auf der Platte befestigt. Die Intensität wird aus dem Mittelwert und der Differenz (Gradient) der beiden Beschleunigungssignale berechnet. Die x-Komponente des Intensitätsvektors berechnet sich, wenn das Aufnehmerpaar in diese Richtung angeordnet ist, nach

$$(1) \quad I_x \cong - \frac{\sqrt{B \cdot \rho \cdot h}}{2 \cdot \omega \cdot d} \cdot \text{Re} \langle (a_1 + a_2) \cdot \int (a_2 - a_1)^* dt \rangle_t$$

B	Biegesteife
ρ	Dichte
h	Dicke der Platte
$\omega = 2\pi f$	Kreisfrequenz
d	Abstand der Beschleunigungsaufnehmer
a_1, a_2	Beschleunigungssignale $a_i = \hat{a}_i \cdot e^{-i\omega t} \quad i = 1, 2$
Re	Realteil
$\langle \rangle_t$	zeitlicher Mittelwert

Die Beziehung (1) lässt sich umformen zu

$$(2) \quad I_x \cong - \frac{\sqrt{B \cdot \rho \cdot h}}{\omega^2 \cdot \alpha} \cdot \text{Im} [\hat{a}_2 \cdot \hat{a}_1^*]$$

$\text{Im} [\hat{a}_2 \cdot \hat{a}_1^*]$: Imaginärteil des Kreuzspektrums der beiden Beschleunigungssignale

Die Intensität ist proportional dem Imaginärteil des Kreuzspektrums der beiden Beschleunigungssignale. Moderne Intensitäts- oder Zweikanalanalysatoren liefern solche Spektrumsfunktionen.

Die Anwendung der Gleichungen (1) und (2) ist zu hohen und zu tiefen Fre-

quenzen hin eingeschränkt. Geometrische Grössen müssen gewisse Relationen in bezug auf die BiegeWellenlänge erfüllen. Diese ist frequenzabhängig und gegeben durch

$$(3) \quad \lambda = 4 \sqrt{\frac{E \cdot h^2}{3 \cdot \rho \cdot (1 - \sigma^2)}} \cdot \sqrt{\frac{\pi}{f}}$$

E Elastizitätsmodul

σ Poisson'sche Zahl

Gleichung (3) ist gültig für: $\lambda \geq 6 \cdot h$

Bei hohen Frequenzen ist der Anwendungsbereich der Gleichungen (1) und (2) durch die Bedingung begrenzt, dass der Aufnehmerabstand klein gegenüber der BiegeWellenlänge sein muss. Die Gültigkeit ist gegen tiefe Frequenzen dadurch eingeschränkt, dass der Messpunkt mindestens eine halbe Wellenlänge von Rändern, Inhomogenitäten und Anregestellen entfernt sein muss. Sonst wird die Intensitätsmessung durch Nahfeldeinflüsse, die in den Gleichungen (1) und (2) nicht berücksichtigt sind, verfälscht. Eine weitere Begrenzung bei tiefen Frequenzen bildet den Phasenfehler der zwei Messkanäle.

Anwendung bei einem Einfamilienhaus

Die Wirksamkeit der oben beschriebenen Messmethode in der Praxis wurde bei der Untersuchung eines Körperschall-Übertragungsproblems bei einem Einfamilienhaus nachgewiesen. Folgendes Problem war zu untersuchen: In einem von zwei zusammengebauten Einfamilienhäusern wurden Tätigkeiten wie Tritte auf dem Fussboden, Abstellen von Geschirr usw. in der angrenzenden Küche des Nachbarhauses als störender Lärm wahrgenommen.

Literatur

- [1] Kruppa P.: Measurement of structural intensity in building construction; Appl. Acoust. 19 (1986), 61-74
- [2] Maysenhölder W., Schneider W.: Sound bridge localisation in buildings by structure - borne sound intensity measurements; Acustica 68 (1989), 258-262
- [3] Maysenhölder W., Schneider W.: Entwicklung eines Messverfahrens zur Lokalisierung von Körperschallbrücken in mehrschaligen Wänden; Ber. Fraunhofer - Inst. f. Bauphysik BS 166/87

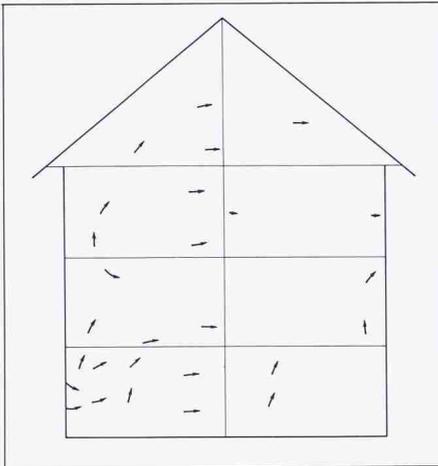


Bild 1. Seitenriss Wand gegen Nachbarhaus mit Körperschall-Intensitätsvektoren

Luftschallübertragung konnte vorgängig bereits ausgeschlossen werden. Die doppelschalige Trennwand sollte auf Übertragungsbrücken untersucht und deren Lage im Hinblick auf eine Sanierung möglichst genau bestimmt werden.

Für die Messungen wurde ein Paar piezoelektrischer Beschleunigungsaufnehmer mit einem gegenseitigen Abstand von 5 cm verwendet. Der optimal nutzbare Frequenzbereich lag auf Grund

der im vorigen Abschnitt erwähnten Kriterien bei 500–2000 Hz. Als Anregungsquelle diente ein Normhammerwerk, das auf den Fussboden des den Lärm verursachenden Nachbarhauses gestellt war. Die Messsignale wurden direkt mit einem Zweikanal-Terzanalysator für Intensitätsmessung ausgewertet.

Zunächst wurden die Messpunkte mit einer Dichte von etwa einem Punkt je 4 m² auf die grossflächige Trennwand (100 m²) verteilt. Durch Aufzeichnen der Richtungen der Intensitätsvektoren in den Messpunkten zeigte sich deutlich ein Bild des Schallintensitätsflusses. In Gebieten, wo das Intensitätsflussbild Übertragungsquellen andeutete, wurde die Messpunktdichte erhöht. Bild 1 zeigt die Intensitätsvektoren auf der Trennwand. Mit dieser Messung konnte rasch die Übertragungsbrücke lokalisiert werden. Es handelt sich um die äussere Kellertragwand (im Bild links unten).

Ausblick

Die beschriebene Methode der Körperschall-Intensitätsmessung eignet sich

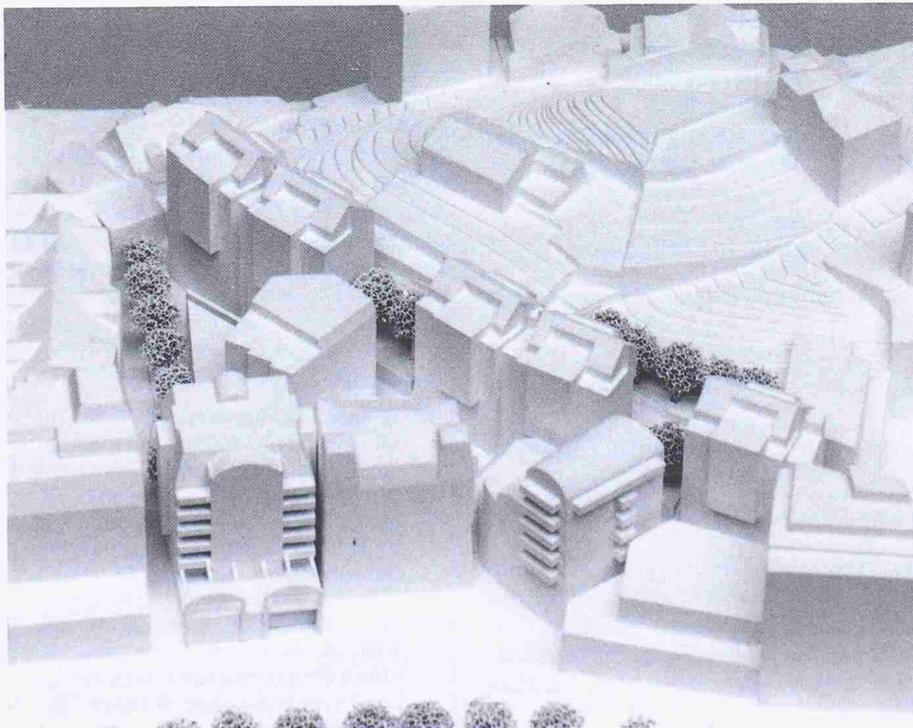
sehr gut, um auf Wänden und Platten die Richtung des Körperschallflusses zu bestimmen und damit Quellen und Übertragungsstellen zu ermitteln. In vielen Fällen kann die Richtung des Intensitätsflusses auch an schlanken Trägern bestimmt werden.

Dieses Verfahren ermöglicht es, bei der Suche nach Körperschall-Übertragungsstellen gezielter vorzugehen als bei den bisher angewandten Messtechniken. Dadurch werden sowohl die Messzeit als auch der Aufwand für Sanierungsmassnahmen, deren Wirksamkeit häufig nur mit grosser Unsicherheit vorausgesagt werden konnte, bedeutend reduziert.

Die Anwendung des Körperschall-Messverfahrens ist nicht auf bauakustische Untersuchungen beschränkt. Auch im Maschinenbau ist die Verfolgung der Körperschall-Ausbreitung von grosser Bedeutung, beispielsweise bei komplexen Maschinen, Wellen, Trägern, Rohrleitungen. Auch hier konnte die Methode erfreuliche Resultate aufweisen.

Adresse des Verfassers: Dr. H. Zogg, Sulzer Innotec, FE-1512, 8401 Winterthur.

Wettbewerbe



Überbauung Gütsch, Brunnen SZ. 1. Preis (18 000 Fr.): Hugo Flory, Luzern; Partner: Markus Mächler

Alter Dorfteil Brunnen SZ, Überbauung Gütsch

Die Tubira Immobilien AG Altendorf, als zukünftige Besitzerin mehrerer Liegenschaften des alten Dorfteils Brunnen, erteilte in Absprache mit den übrigen Eigentümern des Planungsgebietes sechs eingeladenen Architekten einen Studienauftrag für die Neuüberbauung des alten Dorfkerns. Die Aufgabe umfasste an der Seefront einen Hotelneubau und die äussere Umgestaltung eines Hotels aus den sechziger Jahren sowie eine totale Neuüberbauung des dahinter liegenden Gebietes mit Läden, Büros, Hotelpersonalzimmern und Eigentumswohnungen. Alle eingereichten Projekte wurden zur Beurteilung zugelassen. Jeder Teilnehmer erhielt eine feste Entschädigung von 10 000 Fr. Ergebnis:

1. Preis (18 000 Fr.): Hugo Flory, Luzern; Partner: Markus Mächler
2. Preis (6000 Fr.): Josef Pfyl + Söhne, Ibach; Projektverfasser: Josef E. Pfyl
3. Preis (4000 Fr.): Robert Mächler, Küssnacht a.R.; Mitarbeiterin: Sabina Zschaeck-Korner
4. Preis (2000 Fr.): Fritz Schwarz, Zürich, und Robert Flühler, Freienbach; Mitarbeiter: M. Pfyl, R. Oechslin

Das Preisgericht empfahl dem Veranstalter einstimmig, das erststrangierte Projekt als