

# Aktive Körperschallisolation bei haustechnischen Installationen

Moritz Späh, Lutz Weber, Benjamin Hanisch

Fraunhofer Institut für Bauphysik, Nobelstrasse 12, 70569 Stuttgart

E-Mail: moritz.späh@ibp.fraunhofer.de

## Einleitung

Haustechnische Installationen können durch ihre Konstruktion sowie durch aktive Komponenten wie z.B. Pumpen Geräusche erzeugen, die als Körperschall in das Gebäude eingeleitet werden. Der eingeleitete Körperschall breitet sich im Gebäude aus und wird auch in weiter entfernten Räumen abgestrahlt. Auch wenn diese Geräusche in ihrer Lautstärke oft gering sind, werden sie zumeist als sehr störend empfunden.

Als Standard-Maßnahme werden daher in der Regel Befestigungen mit elastischen Zwischenschichten eingesetzt, die jedoch in ihrer Wirksamkeit zu tiefen Frequenzen hin beschränkt sind. Das Spektrum vieler haustechnischer Installationen ist dagegen tieffrequent dominiert, so dass aber gerade im tiefen Frequenzbereich eine wirksame Körperschallisolation notwendig ist.

Daher bietet es sich an, für die tieffrequente Körperschallisolation ein aktives System einzusetzen. In dieser Arbeit wird ein kostengünstiges und regelungstechnisch einfaches System untersucht, mit dem die tieffrequente Körperschalleinleitung von Installationen an ihren Befestigungselementen zum Gebäude, auch in Kombination mit passiven Maßnahmen, reduziert werden kann.

## Modellaufbau

Zur Untersuchung der Wirksamkeit des aktiven Systems wurde ein Wannenuß als repräsentativer Modellaufbau für eine Sanitärinstallation gewählt, Abbildung 1. Zur primären Anregung des Aufbaus dient ein Shaker, der durch eine Stützkonstruktion von oben gehalten wird. Über einen dünnen Draht (zur Unterbindung von Momentenanregung) ist der Shaker mit einem Kraftaufnehmer verbunden, der die in das Verbindungselement eingeleitete Kraft misst. Am Verbindungselement, einer Gewindestange, ist der Aktor befestigt. Dieser besteht aus einem ringförmigen Magneten mit einer mittigen Bohrung, durch die die Gewindestange hindurchtritt. Durch zwei flache Federn aus Kunststoff ist der äußere Ring des Aktors mit dem Magneten verbunden. Dieser äußere Ring trägt die Wicklung der Spule. Die Gewindestange ist entweder starr oder über eine elastische Zwischenschicht mit der Bodenplatte verbunden. Direkt neben der Kontaktstelle ist im Modellaufbau ein Beschleunigungsaufnehmer angebracht, der es ermöglicht, dieses Signal über einen Ladungsverstärker und eine Leistungsverstärker auf den Aktor zurückzuspeisen.

Folgende Regelungsstrategien wurden untersucht:

- Beschleunigungs-Rückspeisung des Signals am Kontaktpunkt zur Platte
- Schnelle-Rückspeisung des integrierten Signals am Kontaktpunkt zur Platte

- Auslenkungs-Rückspeisung des zweifach integrierten Signals am Kontaktpunkt zur Platte
- Kraft-Vorspeisung des eingeleiteten Kraftsignals

In allen Fällen wurde das Messsignal des Sensors invertiert und schrittweise durch den Leistungsverstärker verstärkt, bis Instabilität des Systems auftrat.

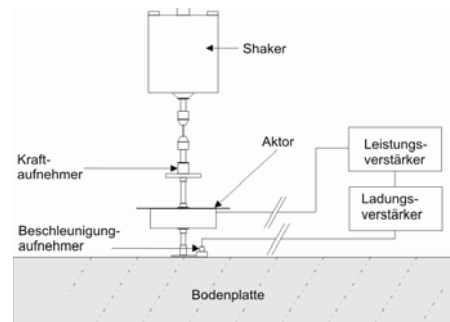


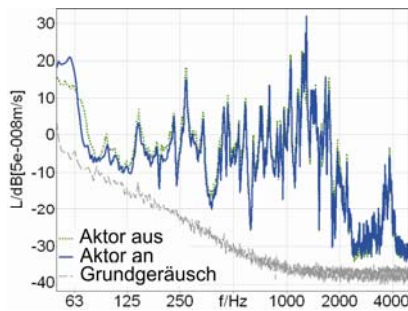
Abbildung 1: Modellaufbau eines Verbindungselements (z.B. Wannenuß) mit aktivem System.

Der Modellaufbau war auf einer elastisch gelagerten Beton-Empfangsplatte in Anlehnung an DIN EN 15657-1 [1] befestigt. Die Messung der Schnelle der Empfangsplatte im Fernfeld, die annähernd proportional zur eingeleiteten Körperschall-Leistung ist [2], wurde zur Kontrolle der Wirksamkeit der Körperschallisolation eingesetzt.

## Messergebnisse starrer Aufbau

Bei den ersten Messungen wurde der Shaker mit rosa Rauschen betrieben. Durch den dünnen Draht im Messaufbau entsteht eine Resonanz im Anregespektrum bei ca. 1600 Hz. Oberhalb dieser Resonanz treten im Messaufbau weitere Resonanzen auf. Diese Resonanzen führen zu einer erhöhten Anregung der Empfangsplatte und begrenzen die mögliche Verstärkung des rückgespeisten Signals.

Die Anwendung der Beschleunigungsrückspeisung führte zu einer geringen Verschiebung der Resonanzfrequenzen der Empfangsplatte zu tieferen Frequenzen, die Auslenkungsrückspeisung (zweifach integriertes Beschleunigungssignal), zu einer Verschiebung der Resonanzen zu höheren Frequenzen. Dies entspricht der Theorie für Signalarückspeisung, die für ein einfaches Masse-Feder-Masse-System hergeleitet wurde [3]. Zur Reduktion der Körperschalleinleitung in Gebäude bieten sich diese Form der Signalarückspeisung daher nicht an. Die Schnellerückspeisung dagegen führt zu einer „aktiven Erhöhung der Dämpfung“, so dass damit die Resonanzspitzen der Empfangsplatte im Frequenzbereich bis ca. 1000 Hz etwas reduziert werden konnten. Die vierte Variante mit Anwendung der Kraftvorspeisung erweist sich als am wirkungsvollsten, da sie zu einer Reduktion des gesamten Spektrums führt, Abbildung 2.

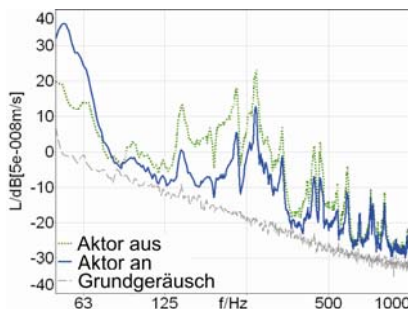


**Abbildung 2:** Schnelle im Fernfeld der Empfangsplatte ohne und mit Kraftvorspeisung.

Die Ergebnisse zeigen, dass durch die Kraftvorspeisung im Frequenzbereich bis 1000 Hz das gesamte Spektrum reduziert wird. Die ausgeprägten Resonanzspitzen im Spektrum bei 1600 Hz und darüber sind durch die schon erwähnten Resonanzen des Aufbaus hervorgerufen und entsprechen nicht dem typischen Spektrum von Installationen (Diese sind deutlich tieffrequenter geprägt). Diese Resonanzen begrenzen die mögliche Verstärkung des auf den Aktor gespeisten Signals.

### Aufbau mit elastischer Zwischenlage

In einem weiteren Schritt wurde in dem in Abbildung 1 dargestellten Aufbau eine elastische Schicht als passive Körperschall-Isolierung zwischen Verbindungselement und Empfangsplatte eingesetzt. Diese Schicht bestand aus einer handelsüblichen Elastomerscheibe, die bei Wannenfüßen Anwendung findet. Im Modell Aufbau führt dieses Element zu einer breitbandigen Resonanzüberhöhung zwischen 160 und 300 Hz. Oberhalb davon wird die Körperschalleinleitung in die Empfangsplatte deutlich reduziert, so dass keine nennenswerte Anregung oberhalb ca. 1000 Hz auftritt. Daher war in diesem Aufbau eine deutlich höhere Verstärkung des Signals möglich.



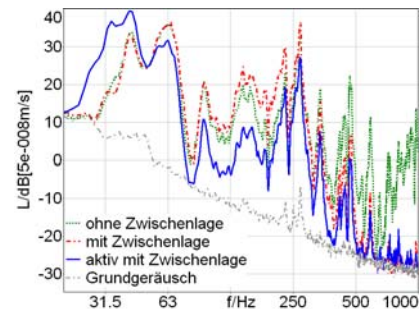
**Abbildung 3:** Schnelle im Fernfeld der Empfangsplatte ohne und mit Kraftvorspeisung, beim Aufbau mit elastischer Zwischenlage (aktiv-passiv kombiniert).

In Abbildung 3 sind für den Aufbau mit elastischer Zwischenlage die Ergebnisse der Schnelle im Fernfeld dargestellt. Es zeigt sich gerade im tiefen Frequenzbereich zwischen 80 und 500 Hz eine deutliche Reduktion der Schnelle von ca. 10 dB, doch auch darüber hinaus bis 1000 Hz wird die Schnelle durch das aktive System deutlich abgesenkt. Damit wird klar, dass die Kombination von passivem und aktivem Element in ihrer Anwendung Vorteile gegenüber dem alleinigen Einsatz des aktiven Elements besitzt. Betrachtet man den untersten Frequenzbereich von 50-63 Hz, so zeigen beide Messungen eine Überhöhung durch das aktive System. Dies ist bedingt durch die Resonanz des

Aktors. Dabei dreht sich die Phase der Anregung um  $180^\circ$ , so dass sich in diesem Frequenzbereich Primärkraft und Gegenkraft verstärken. Bei dem hier getesteten System, das gänzlich ohne Filterung der Signale auskommt, ist dies nicht zu vermeiden. Allerdings kann die Resonanzfrequenz des Aktors relativ leicht beeinflusst werden. Hierzu bietet sich z. B. an, die Federsteifigkeit der Aufhängung zu vermindern, oder aber die Masse des Rings zu erhöhen, um die Resonanz zu tieferen Frequenzen zu verschieben.

### Test an einer realen Quelle

Um den Einsatz des Systems an einer realen Installation zu testen, wurde ein Fuß einer Duschwanne auf der Empfangsplatte platziert. Dieser wurde sowohl mit, als auch ohne elastische Zwischenlage ausgestattet und das aktive System wurde daran getestet. Der Aktor wurde in diesem Fall mit einem zusätzlichen Massering versehen. Die Anregung der Duschwanne erfolgte mit einem Shaker, das Anregesignal war ein aufgezeichnetes Kraftsignal, das durch die Anregung dieser Duschwanne durch einen Wasserstrahl aus einem Duschkopf erzeugt wurde (siehe Abbildung 4).



**Abbildung 4:** Schnelle im Fernfeld der Empfangsplatte ohne und mit Zwischenlage (passiv) sowie mit Kraftvorspeisung (passiv-aktiv) an einem Fuß einer Duschwanne.

Abbildung 4 zeigt, dass auch an der realen Installation eine deutliche Pegelminderung durch das aktive System erreicht wurde.

### Zusammenfassung

Die Messergebnisse zeigen, dass die Kombination von passiver und aktiver Maßnahme zu einer starken Reduktion im tiefen und mittleren Frequenzbereich führt und damit für die praktische Anwendung bei haustechnischen Anlagen geeignet erscheint. Weitere Tests sind geplant, um das Verhalten an einer realen Quelle mit mehreren Kontaktpunkten zu untersuchen.

### Literatur

- [1] DIN EN 15657-1 Akustische Eigenschaften von Bauteilen und von Gebäuden – Messung des Luft- und Körperschalls von haustechnischen Anlagen im Prüfstand. Oktober 2009, Beuth Verlag Berlin.
- [2] M. Späh, H.M. Fischer: Erfahrungen mit dem Empfangsplattenprüfstand zur Ermittlung der Körperschall-Leistung von Körperschallquellen in Gebäuden. DAGA 2006 Braunschweig.
- [3] C.H. Hansen, S.D. Snyder: Active Control of Noise and Vibration. E&FN Spon, 1997.

Vorhaben gefördert durch das Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung BBR.