

Entwicklung von Simulationsmethoden für haustechnische Benutzungsgeräusche

M. Walk^{a,b}, F. Emrich^a und F. Leuthardt^b

^aEidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (EMPA), Dübendorf, Schweiz

^bIngenieurbüro für Bauphysik und Akustik, Leuthardt + Mäder, Brüttisellen, Schweiz

Email: michael.walk@empa.ch, frieder.emrich@empa.ch, f.leuthardt@swissonline.ch

Einleitung

Mit den heute vorherrschenden Bauweisen können bei sorgfältiger Planung und Ausführung erhebliche Störungen durch Luft- und Trittschallübertragung im mehrgeschossigen Wohnungsbau weitgehend ausgeschlossen werden. In zunehmendem Maße treten solche Störquellen in den Vordergrund, die sich auf haustechnische Einrichtungen im weiteren Sinne zurückführen lassen. Die Schweizer Norm sia 181 (1988) und die ihr vorausgehenden Empfehlungen stellen Grenzwerte für die Übertragung solcher Geräusche in fremde Nutzungseinheiten auf, deren Einhaltung im Zweifelsfall am Bau nachzuweisen ist. Dabei wird unterschieden zwischen Funktionsgeräuschen, deren Pegel und zeitlicher Verlauf weitgehend vom Benutzerverhalten unabhängig ist (z. B. WC-Spülung, Badewanne füllen und entleeren), und Benutzungsgeräuschen, bei denen dies nicht der Fall ist (z. B. Abstellen von Gegenständen auf Ablageflächen, Betätigen von Schranktüren und -auszügen, WC-Sitz fallen lassen, Duschen in Badewanne). Die typischen Grenzwerte in Wohnsituationen betragen 35 dB für Funktions- und 40 dB für Benutzungsgeräusche.

Die Festlegung dieser Grenzwerte stellte zwar einen wesentlichen Fortschritt hinsichtlich der Sicherstellung eines gewissen Mindestschutzes gegen derartige Störungen dar, führt aber andererseits zu nicht unerheblichen Umsetzungsschwierigkeiten. Ein Grund dafür ist die von der Norm vorgesehene Messmethode, die sich nicht auf eine genormte Geräuschquelle stützt, sondern eine Messung des Abewerteten Maximalpegels bei Auslösung des Originalgeräuschs vorschreibt. Es liegt in der Natur der Benutzungsgeräusche, dass eine solche Messung mit einer beträchtlichen Messunsicherheit (schätzungsweise ± 5 dB) behaftet ist und die Messungen somit schlecht reproduzierbar sind. Dies führt zu einer beträchtlichen Rechtsunsicherheit seitens Planern wie Betroffenen. Zudem ist die Erfassung der zugehörigen geringen Pegel nur bei entsprechend geringen Grundgeräuschpegeln möglich, die in den Messobjekten tagsüber oft nicht gegeben sind.

Ziel dieser Untersuchung

Diese Untersuchung hat zum Ziel, eine genau definierte Anregungsmethode für haustechnische Benutzungsgeräusche als Vorschlag in die derzeitige Überarbeitung der Norm sia 181 einzubringen. Die Methode soll zu kleineren Messunsicherheiten und somit besserer Reproduzierbarkeit der Messungen führen und deren Durchführbarkeit auch bei höherem Grundgeräuschpegel gewährleisten. Zudem soll sie sich durch einfache Handhabung auszeichnen und den auf Baumessungen spezialisierten Akustikbüros keine unverhältnismäßig hohen Investitionskosten verursachen. Durch eine solche Anregungsmethode wäre es gleichzeitig möglich, anstatt wie heute jede denkbare Geräuschquelle direkt die Bauteile und deren Ankopplung an die Gebäudestruktur zu charakterisieren.

Getestete Simulationsgeräte

Zur Diskussion als Simulationsgeräte standen:

1. das Kleinhammerwerk nach Gösele [1] (zur Anregung von Impulsfolgen);
2. diverse Schlagwerkzeuge zur Anregung von Einzelimpulsen.

Von den Schlagwerkzeugen zur Einzelanregung stellt der in Abbildung 1 abgebildete Pendelhammer die flexibelste Lösung dar, da er Schläge auf beliebig geneigte Flächen ermöglicht. In Vorversuchen im Labor wurde die Fallhöhe des Hammers auf 10 cm optimiert. Dies garantiert einerseits eine zerstörungsfreie Prüfung, andererseits die weitgehende Unempfindlichkeit der Messung gegen leichte Abweichungen der Fallhöhe vom Sollwert. Gleichzeitig wird ein deutlich höheres Messsignal erzeugt als bei Auslösen der Originalgeräusche.



Abbildung 1: Pendelhammer zur Simulation haustechnischer Benutzungsgeräusche. Oben: Vertikalschlag; unten: Horizontalschlag.

Vorgehensweise

In einer ersten Phase wurde im Labor die Schallübertragung von WC, Waschbecken, Ablagefläche und Küchenkombination durch eine monolithische Wand in den direkt benachbarten Raum gemessen. Die Sanitärobjekte wurden jeweils mit und ohne Schalldämmsets getestet. Dabei kamen alle vorgeschlagenen Anregungsgeräte zum Einsatz.

In einer zweiten Phase wurden praxiserhaltende Messungen an 10 Neubauten unterschiedlicher bauakustischer Qualität im Raum Zürich und im Genferseegebiet durchgeführt. In den meisten Gebäuden konnten jeweils 2 gleichartige Ausbreitungssituationen erfasst werden, so dass insgesamt 17 Situationen beurteilt wurden. Wegen des jeweils unterschiedlichen Innenausbauzustands und aufgrund konstruktiver Schallschutzmaßnahmen (Absenkämpfung von WC-Sitzen) konnten allerdings nicht alle Anregungsarten in allen Situationen realisiert werden. In dieser Phase wurden als Anregungsquellen nur noch das Kleinhammerwerk nach Gösele und der optimierte Pendelhammer (Abbildung 1) verwendet.

Resultate

Terzbandspektren

Um abzuklären, ob die Anregungen durch die getesteten Simulationsgeräte mit den Originalanregungen vergleichbar sind, wurden zunächst die Terzbandspektren der Originalgeräusche mit denen der simulierten Geräusche verglichen. Es zeigt sich, dass der Pendelhammer mit allen untersuchten Geräuschquellen eine zufriedenstellende bis gute Übereinstimmung aufweist (Abbildung 2), während dies für das Kleinhammerwerk nur sehr bedingt der Fall ist:

zwar wird das Spektrum einer Anregung durch eine kleine Masse (z. B. Zahnputzglas) äußerst genau wiedergegeben, für die Simulation von Anregungen mit größerer Masse (z. B. WC-Deckel, Pfanne) wird dagegen in den tiefen Frequenzen durch das Kleinhammerwerk deutlich zu wenig Schallenergie eingeleitet (Abbildung 3). Für die weiteren Untersuchungen wurde dieses daher nicht mehr berücksichtigt. Eine weitere Optimierung der Eingangsimpedanz des Hammers war im Rahmen dieser Arbeit nicht möglich.

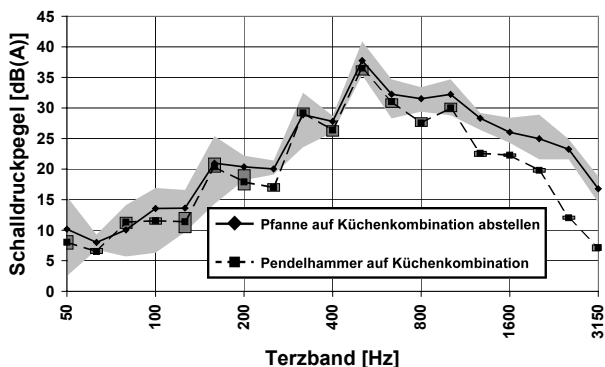


Abbildung 2: A-bewertetes Terzbandspektrum von Originalgeräusch und Simulation mit Pendelhammer im Vergleich. Mittelwert der Maximalpegel über je 5 Einzelereignisse am gleichen Ort. Die Fläche bzw. Balken bezeichnen den Streubereich. Pegelkorrekturen für unmöblierte Räume und nach Tabelle 1 sind berücksichtigt.

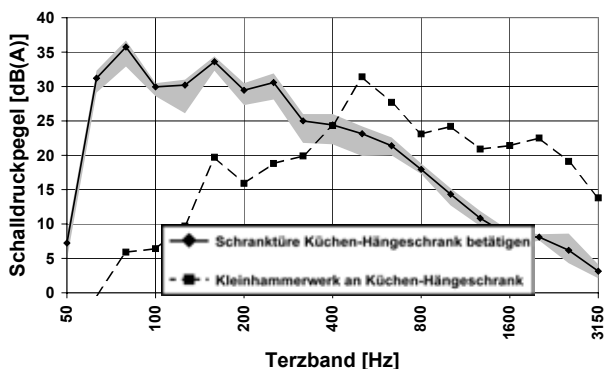


Abbildung 3: A-bewertetes Terzbandspektrum von Originalgeräusch und Simulation mit Kleinhammerwerk im Vergleich. Originalgeräusch: Mittelwert der Maximalpegel über 5 Einzelereignisse am gleichen Ort; Kleinhammerwerk: L_{eq} über 10 s. Die Fläche bezeichnet den Streubereich der Einzelergebnisse. Pegelkorrekturen für unmöblierte Räume und nach Tabelle 1 sind berücksichtigt.

Pegelkorrekturwerte

Da das Ziel ist, Bauteile anstatt einzelne Geräuschquellen zu prüfen, wurde als nächstes untersucht, welche Form der manuellen Anregung für die einzelnen Bauteile im Schnitt zu den größten Immissionspegeln im Empfangsraum führt. Bei jedem Bauteil wurde dann für diese lauteste Anregung die statistische Korrelation der A-bewerteten Summenpegel mit den vom Pendelhammer erzeugten Geräuschen betrachtet. Trotz der erheblichen Streuung und einer allgemein feststellbaren Tendenz, dass die Regressionsgeraden eine Steigung von weniger als 1 aufweisen (d. h. die Originalgeräuschpegel steigen stärker an als die simulierten Geräuschpegel), wurde am ursprünglichen Ziel festgehalten, die Umrechnung vom simulierten auf das Originalgeräusch durch eine einfache additive Pegelkorrektur durchzuführen, weil (a) die beschränkte

Datenmenge keine weitergehenden Schlüsse erlaubt, (b) das Verfahren nicht komplizierter als nötig sein soll, und (c) keine physikalische Ursache für erhebliches nichtlineares Verhalten des Übertragungssystems erkennbar ist. Die beobachtete Streuung dürfte zudem zum Großteil auf die angesprochene starke Streuung (± 5 dB) der manuellen Anregung der Originalgeräusche zurückzuführen sein. Aus demselben Grund wurden die vorgeschlagenen Pegelkorrekturen zudem als Vielfaches von 5 dB gewählt. Sie sind in Tabelle 1 festgehalten. Abbildung 4 zeigt ein Beispiel für die ermittelte Korrelation. Man sieht, dass die Entscheidung, ob der Grenzwert eingehalten ist, in den meisten Fällen für simuliertes und Originalgeräusch gleich ausfällt, dies aber nicht generell erreicht werden kann.

Bauteil	Pegelkorrektur K [dB]
<i>Nasszellen</i>	
Bade- oder Duschwanne	-15
WC	-10
Waschbecken	-15
Ablageflächen	-15
<i>Küche</i>	
Arbeits- und Abstellflächen	-10
Schränktüren und -auszüge	-15

Tabelle 1: Vorschlag für pauschale Pegelkorrekturen.

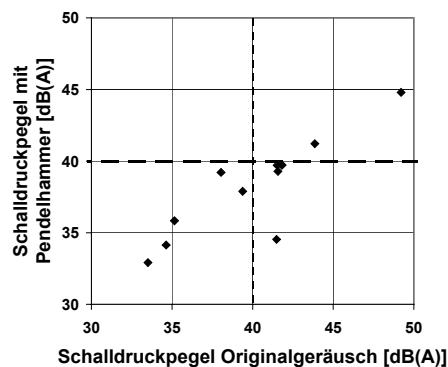


Abbildung 4: Statistische Korrelation von manuellem Abstellen einer Pfanne auf der Küchenkombination zum mit dem Pendelhammer simulierten Geräusch. Pegelkorrekturen für unmöblierte Räume und nach Tabelle 1 sind bereits berücksichtigt. Die gestrichelten Linien entsprechen dem typischen Grenzwert für Wohnsituationen.

Ausblick

Der enge Rahmen dieser Arbeit lässt keine weitgehenden Schlüsse über den genauen Zusammenhang zwischen den Schallpegeln von Original- und simulierten Geräuschen zu. Es ist jedoch zu vermuten, dass dies infolge der starken Streuung der manuell angeregten Geräusche auch mit einer weit größeren Datenmenge nicht anders wäre. Die verbleibende Unsicherheit wird im Interesse einer Verbesserung der Reproduzierbarkeit der Messergebnisse bewusst in Kauf genommen.

Danksagungen

Diese Arbeit wurde vom Schweiz. Ingenieur- und Architektenverein (sia), Zürich und der EMPA Dübendorf finanziert. Für die Durchführung der Messungen im Genferseegebiet wird den Herren Dr. V. Desarnaulds, Prof. R. Beffa und S. Glarner gedankt.

¹| Gösele, K., Engel, V.: Körperschalldämmung von Sanitärräumen. Stuttgart: IRB Verlag, 1995.