

Prognose für die Schallübertragung von Heizungsanlagen in Gebäuden

Andreas Ruff, Andreas R. Mayr, Heinz-Martin Fischer

Hochschule für Technik Stuttgart, 70174 Stuttgart, Deutschland, Email: andreas.ruff@hft-stuttgart.de

Einleitung

Im Rahmen eines Forschungsvorhabens wurde an der HFT Stuttgart die Messung und Berechnung der Schallerzeugung und -Übertragung von wandhängenden Heizungsgeräten untersucht. Ausgangspunkt war dabei die Fragestellung, inwiefern bestehende und zukünftige Anforderungen an den Schallschutz in Gebäuden von den in Frage kommenden Geräten eingehalten werden können. Dabei spielt eine Rolle, dass die Geräte zunehmend im Wohnbereich installiert werden und die zukünftigen Anforderungen der DIN 4109 auch Anforderungen im eigenen Bereich vorsehen werden [1]. Grundsätzlich ist für Heizgeräte, wie auch für haustechnische Anlagen im Allgemeinen, zu berücksichtigen, dass sie sowohl als Luftschall- als auch als Körperschallquellen zu betrachten sind. Im Gegensatz zur Luftschallerzeugung liegen bei der Erfassung der Körperschalleigenschaften von Heizungsanlagen bislang kaum Erfahrungen und messtechnische Methoden vor. Im Rahmen der europäischen Normung wurden die grundlegenden Fragestellungen zur Körperschallerzeugung soweit bearbeitet, dass ein Normvorschlag in Form der EN 15657-1 [2] zustande kam, der kürzlich von den Mitgliedsstaaten angenommen wurde. Die grundlegende Idee für die Erfassung der Körperschallerzeugung besteht dabei darin, dass die messtechnischen Untersuchungen an einem Kleinprüfstand, dem so genannten Empfangsplattenprüfstand, erfolgen sollen. Im Gegensatz zur festgelegten Situation in einem Installationsprüfstand sind die Messergebnisse nicht auf eine einzige (zuvor definierte) Bausituation beschränkt. Vielmehr können die ermittelten Daten mit dem neuen Berechnungsverfahren der EN 12354-5 [3] auf andere Gebäudesituationen umgerechnet werden. Damit steht nun ein neues Verfahren zur Verfügung, das prinzipiell zur schalltechnischen Planung sowie für Zwecke der Produktkennzeichnung und des optimierten Produkteinsatzes (Geräuschprognosen) eingesetzt werden kann. Bislang liegen jedoch für die Anwendung des Berechnungsverfahrens für haustechnische Anlagen kaum Erfahrungen vor. Im Rahmen des Forschungsvorhabens wurde nun die Anwendung des Messverfahrens der EN 15657-1 und des Berechnungsverfahrens der EN 12354-5 für eine Auswahl von vier repräsentativen, wandhängenden Heizgeräten, die mit Erdgas oder Heizöl befeuert wurden, eingehend untersucht.

Quellencharakterisierung

Die Charakterisierung der vier Heizgeräte als Körperschallquelle erfolgte am Empfangsplattenprüfstand. Die Anwendbarkeit des Empfangsplattenverfahrens konnte für die untersuchten Heizgeräte anhand der Messungen der Quell- und Strukturadmittanzen an den jeweiligen Aufhängepunkten messtechnisch nachgewiesen werden. Die

dabei ermittelten Quelladmittanzen waren dabei sehr viel größer als die der Empfangsstruktur, so dass die Heizgeräte durchweg als Kraftquelle betrachtet werden können. Die Körperschall-Leistung P der Quelle wird beim Empfangsplattenverfahren indirekt über die Messung der mittleren Schnelle auf der Platte beim Betrieb des Geräts bestimmt. Dabei gilt folgender Zusammenhang:

$$P = m \cdot \bar{v}^2 \cdot \omega \cdot \eta \quad [\text{dB}] \quad (1)$$

m	Masse der Empfangsplatte
\bar{v}	Mittlere Schnelle auf der Empfangsplatte
ω	Kreisfrequenz
η	Verlustfaktor der Empfangsplatte

Die Bestimmung der Luftschall-Leistung der Heizgeräte erfolgte nach dem Hüllflächenverfahren der DIN EN ISO 3744 [4]. Für die Bestimmung der Körperschall- und Luftschall-Leistungsdaten wurden die Geräte im sogenannten „Schonsteinfeger-Modus“ betrieben. Diese Betriebsart gewährleistet für einen definierten Zeitraum den Betrieb des Gerätes bei maximaler Heizleistung und dient normalerweise dem Schornsteinfeger zur Messung der Schadstoffemissionen. Diese Betriebsart erscheint aber auch für die schalltechnische Charakterisierung der Heizgeräte am sinnvollsten, da dabei stets die maximalen Luft- und Körperschallanteile berücksichtigt werden können. Die Messungen wurden für alle Geräte bei stationärem Betrieb durchgeführt. Wo erforderlich wurden für die in Frage kommenden Geräte auch instationäre Betriebszustände untersucht. Dabei ging es im Wesentlichen um die Pegelspitzen, die beim automatischen Abschalten der Geräte entstehen können.

Messungen in Gebäuden

Es sollte untersucht werden, inwiefern mit den aus der Quellencharakterisierung gewonnenen Leistungsdaten der Heizgeräte eine verlässliche Prognose der in Gebäuden zu erwartenden Schalldruckpegel auf der Basis des Berechnungsmodells der EN 12354-5 zu erreichen ist. Dazu wurden die zuvor untersuchten Geräte in einem realen Wohngebäude und in einem bauähnlichen Prüfstand eingebaut und praxisgerecht betrieben. Für beide Fälle wurden jeweils drei Übertragungssituationen festgelegt, für die die Schallübertragung in direkt-benachbarte, diagonal-benachbarte und flankierend-benachbarte Räume untersucht werden konnte. Neben den von den Heizgeräten in den jeweiligen Empfangsräumen erzeugten Schalldruckpegeln wurden in den Gebäuden auch die Bauteilkenndaten, wie z.B. Schalldämm- und Stoßstellendämm-Maße, messtechnisch ermittelt.

Abbildung 1 zeigt die bei diagonaler Übertragung in einem Gebäude für die vier untersuchten Heizgeräte gemessenen Schalldruckpegel im Empfangsraum.

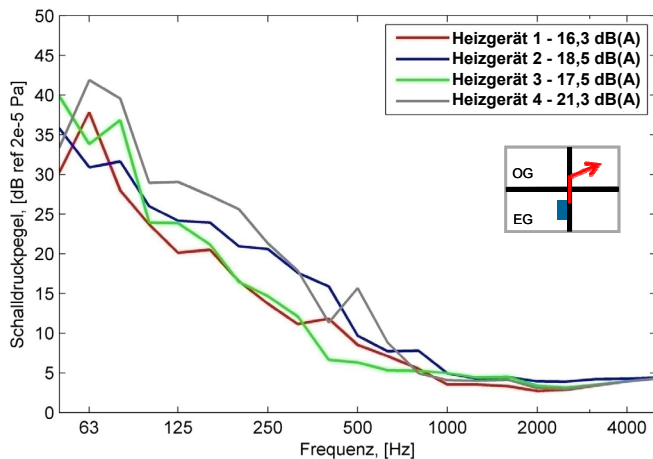


Abbildung 1: Schalldruckpegel der vier untersuchten Heizgeräte bei diagonaler Übertragung im Gebäude

Prognose der von Heizgeräten verursachten Schalldruckpegel

Die Prognoseberechnungen wurden für die oben beschriebenen Gebäudesituationen nach dem Modell der EN 12354-5 durchgeführt. Da die untersuchten Heizgeräte sowohl Körperschall- als auch Luftschallquellen darstellen, wurden die Berechnungen für die Übertragung beider Schallanteile separat durchgeführt. Der resultierende Empfangsraumpegel ergibt sich dann durch energetische Addition beider Anteile. Die Prognose der normierten Schalldruckpegel in den Empfangsräumen ermöglicht die Angabe von Einzahlwerten, z.B. des A-bewerteten Summenpegels und damit den Vergleich der Resultate mit Anforderungswerten, z.B. solchen aus der DIN 4109.

In Abbildung 2 ist als Beispiel der Vergleich zwischen Rechnung und Messung für eine horizontale (direkte) Übertragungssituation in einem Gebäude für eines der untersuchten Heizgeräte dargestellt.

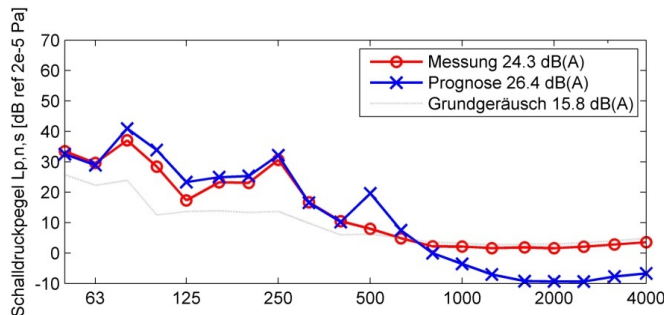


Abbildung 2: Vergleich Rechnung - Messung bei diagonaler Übertragung - Installationswand mit 220 kg/m²

Bis 800 Hz stimmen Rechnung und Messung relativ gut überein, bei höheren Frequenzen lagen jedoch die Messergebnisse im Bereich des Grundgeräusches, so dass hier Rechnung und Messung nicht mehr vergleichbar sind. Auch bei den Einzahlwerten ergab sich eine relativ gute Übereinstimmung, im gezeigten Beispiel mit etwa 2 dB Differenz. Bei allen untersuchten Übertragungssituationen

waren die Ergebnisse ähnlich wie im gezeigten Beispiel, teilweise auch mit noch besserer Übereinstimmung zwischen Rechnung und Messung. Insgesamt betrachtet lässt sich sagen, dass durch die Prognose für die untersuchten Heizgeräte und Gebäudesituationen sowohl frequenzabhängig als auch beim Einzahlwert eine relativ gute Übereinstimmung zwischen Rechnung und Messung erreicht wird. Die mittlere Abweichung beträgt etwa 1 bis 2 dB(A), wobei die Prognose die Schalldruckpegel tendenziell überschätzt, so dass die Prognosewerte eher auf der „sicheren Seite“ liegen.

Zusammenfassung

Es konnte gezeigt werden, dass die Empfangsplattenmethode für die Charakterisierung der Körperschall-Leistung von wandhängenden Heizgeräten angewendet werden kann und dass die dafür erforderlichen Bedingungen (Kraftquellen-situation) eingehalten werden. Das Messverfahren liefert reproduzierbare Daten für stationäre und instationäre Betriebszustände. Die ermittelten Quelldaten können als Eingangsdaten für Berechnungen des in Gebäuden erzeugten Schallpegels verwendet werden. Für die Berechnung konnte erstmalig das neue Prognosemodell der EN 12354-5 angewandt und auch validiert werden. Es konnte gezeigt werden, dass es sich unter den untersuchten Bedingungen des Massivbaus für verlässliche Prognosen der von Heizgeräten verursachten Schalldruckpegel eignet. Ein großer Vorteil des Berechnungsmodells, die gesonderte Betrachtung der maßgeblichen an der Schallübertragung beteiligten Einzelwege und der Anteile der Körperschall- und Luftschallerzeugung, besteht darin, dass problematische Anteile identifiziert werden können und bereits bei der Planung durch bauliche Maßnahmen oder durch geeignete Geräteauswahl gezielt berücksichtigt werden können.

Es hat sich gezeigt, dass für die Übertragung unter üblichen Massivbaubedingungen die flächenbezogene Masse der Installationswand den größten Einfluss hat. Bei der Übertragung im Gebäude überwiegt bei den untersuchten Heizgeräten der Körperschallanteil, jedoch kann der Luftschallanteil nicht generell vernachlässigt werden.

Literatur

- [1] DIN 4109-1: Schallschutz im Hochbau - Teil 1: Anforderungen, Entwurf Oktober 2006
- [2] DIN EN 15657-1: Akustische Eigenschaften von Bauteilen und von Gebäuden - Messung des Luft- und Körperschalls von haustechnischen Anlagen im Prüfstand - Teil 1: Vereinfachte Fälle, in denen die Admittanzen der Anlagen wesentlich höher sind als die der Empfänger, Deutsche Fassung EN 15657-1:2009
- [3] DIN EN 12354-5: Bauakustik - Berechnung der akustischen Eigenschaften von Gebäuden aus den Bauteileigenschaften - Teil 5: Installationsgeräusche, Deutsche Fassung EN 12354-5:2009
- [4] DIN EN ISO 3744: Akustik - Bestimmung der Schallleistungspegel von Geräuschquellen aus Schalldruckmessungen - Hüllflächenverfahren der Genauigkeitsklasse 2 für ein im Wesentlichen freies Schallfeld über einer reflektierenden Ebene, Deutsche Fassung EN ISO 3744:2009