

Messung des Stoßstellendämm-Maßes K_{ij} an Wänden aus Mauerwerk im Labor

Martin Schneider, Heinz-Martin Fischer, Fachhochschule Stuttgart-Hochschule für Technik, Schellingstr. 24 70174 Stuttgart

1. Einleitung

In den europäischen Rechenmodellen EN12354 wird zur Berechnung der Luft- und Trittschalldämmung das Stoßstellendämm-Maß K_{ij} benötigt. Das Stoßstellendämm-Maß K_{ij} kann einerseits berechnet, z.B. aus der flächenbezogenen Masse der beteiligte Bauteile nach Anhang E zu EN12354-1 /1/, andererseits im Labor meßtechnisch bestimmt werden. Die meßtechnische Bestimmung des Stoßstellendämm-Maßes erfolgt gemäß Normentwurf prEN 10848 /2/.

Da die Arbeiten an diesem Normentwurf noch nicht abgeschlossen sind und außerdem bislang kaum Erfahrungen mit den vorgesehenen Meßmethoden vorliegen, wurden im Rahmen eines an der HfT Stuttgart durchgeführten BMBau-Forschungsvorhabens im Labor Messungen an 3 für den Mauerwerksbau typischen Stoßstellen durchgeführt. Weiterhin wurde einer dieser Stöße im Diagonalprüfstand am Fraunhofer Institut für Bauphysik untersucht. Im Diagonalprüfstand konnte mit unterschiedliche Methoden das Stoßstellendämm-Maß K_{ij} messtechnischen bestimmt werden.

Untersucht wurde der für die Schallübertragung zwischen Wohnungen wichtige Stoß von Wohnungstrennwand auf die flankierende Außenwand. Dieser Knotenpunkt wird im allgemeinen in „Stumpfstoßtechnik“ ausgeführt.

2. Grundlagen

Die Pegeldifferenz D_v zwischen zwei Bauteilen, die durch eine Stoßstelle getrennt sind, hängt nach Kihlman /3/ nicht nur von der Stoßstelle selbst (Transmissionsgrad γ_{ij} , Biegeschwindigkeit c_B , flächenbezogene Masse m' der Bauteile), sondern auch von der Fläche S , der Körperschall-Nachhallzeit T sowie der gemeinsamen Kantenlänge l_{ij} ab.

$$D_{v,ij} = 10 \lg \left(\frac{1}{\gamma_{ij}} \frac{m'_j \pi^2 * 2.2 S_j}{m'_i l_{ij} c_{Bi} T_j} \right) \quad (1)$$

Für die richtungsgemittelte Schnellepegeldifferenz ergibt sich

$$\overline{D_{v,ij}} = -10 \lg (\gamma_{ij} \gamma_{ji} c_{Bi} c_{Bj}) + 10 \lg \frac{2.2 \pi^2 \sqrt{S_j S_i}}{l_{ij} \sqrt{T_j T_i}} \quad (2)$$

Der erste Term in Gleichung (2) wird bestimmt durch die Stoßstelle bzw. die Bauteileigenschaften, der zweite Term ist abhängig von der Einbausituation. Durch entsprechende Erweiterung und Umformung ($c_B = c_0 \sqrt{f/f_c}$) kann Gleichung (2) wie folgt geschrieben werden:

$$\overline{D_{v,ij}} = -10 \lg \left(\frac{\sqrt{\gamma_{ij} \gamma_{ji}}}{\sqrt[4]{f_{ci} f_{cj}}} \sqrt{f_{ref}} \right) - 10 \lg \frac{l_{ij}}{\sqrt{\frac{(2.2 \pi^2)^2 S_j S_i f_{ref}}{c_0^2 T_j T_i f}}} \quad (3)$$

wobei der erste Term dem Stoßstellendämmmaß K_{ij} entspricht, während der zweite Term die Anpassung des Stoßstellendämm-Maßes an die Bausituation beschreibt. Mit Einführung der äquivalenten Absorptionslänge $a_{i,situ}$ ergibt sich dann die aus EN12354-1 /1/ bekannte Formel zur Berechnung der Schnellepegeldifferenz:

$$\overline{D_{v,ij,situ}} = K_{ij} - 10 \lg \frac{l_{ij}}{\sqrt{a_{i,situ} a_{j,situ}}} \text{ dB} \quad (4)$$

$$a_{i,situ} = \frac{2.2 \pi^2 S_i}{T_{i,situ} c_0} \sqrt{\frac{f_{ref}}{f}} \quad (5)$$

Das Stoßstellendämm-Maß kann durch Messung der Schnellepegeldifferenz und der Körperschall-Nachhallzeit bestimmt werden.

Die Schnellepegeldifferenz wird aus der Differenz der im Sende- und Empfangsraum an 12 Positionen bestimmten und

dann energetisch gemittelten Schnellepegel ermittelt. Die Anregung erfolgt mit einem Kleinhammerwerk an 3 Anregestellten.

Die Körperschall-Nachhallzeit wird aus dem Pegelabfall der rückwärtsintegrierten Impulsantwort ermittelt, wobei ebenfalls 12 Nachhallzeiten, ermittelt an 4 Messpunkten mit je 3 Anregepunkten, gemittelt werden.

3. Beschreibung der Messobjekte

Im Labor der Fachhochschule wurden drei für den Mauerwerksbau typische Stoßstellen bestehend aus jeweils einer Trennwand (240 mm Kalksandstein, bzw. 240 mm Verfüllziegel jeweils 3.8 m lang) und einer flankierenden Außenwand (300 mm Porenbeton, 175 mm Kalksandstein oder 365 mm Hochlochziegel; Schenkellänge jeweils ca. 5m und 6 m) mit einer Höhe von 2.75 m aufgebaut. Die T-Stöße sind auf einer elastischen Zwischenschicht gelagert.

4. Pegelverteilung auf Mauerwerk

Bei den Messungen der Schnellepegeldifferenz auf Mauerwerk wurde festgestellt, daß sich bei hohen Frequenzen eine starke Abhängigkeit der Schnellepegel von der Entfernung zwischen Anregerstelle und Aufnehmerpunkt ergibt. Zur Klärung wurden deshalb die Schnellepegel entlang eines Messpfades bestimmt. In nachfolgender Abbildung 1 sind die gemessenen Pegel für drei Frequenzen in Abhängigkeit von der Entfernung zur Anregerstelle dargestellt.

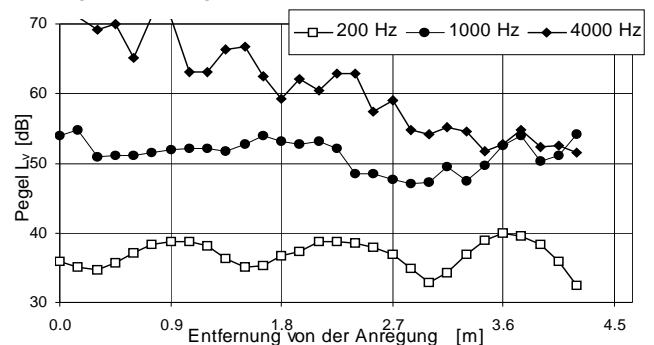


Abbildung 1: Schnellepegel für die Terzmittenfrequenzen 200 Hz, 1 kHz und 4 kHz auf einer Porenbetonwand in Abhängigkeit von der Entfernung zur Anregerstelle

Bei hohen Frequenzen erkennt man eine ausgeprägte Pegelminderung mit zunehmender Entfernung. Berechnet man die Steigung der Ausgleichsgeraden für jede Frequenz so kann man die Pegelminderung über der Entfernung gemäß Abbildung 2 darstellen. Die Punktanregung erfolgt mittels eines Shakers auf der gemessenen Wand. Bei Linienanregung wird das Bauteil entlang der Stoßstelle angeregt z.B. durch eine flankierende Wand wobei die Pegelabnahme in Abhängigkeit von der Entfernung zur Stoßstelle gemessen wird.

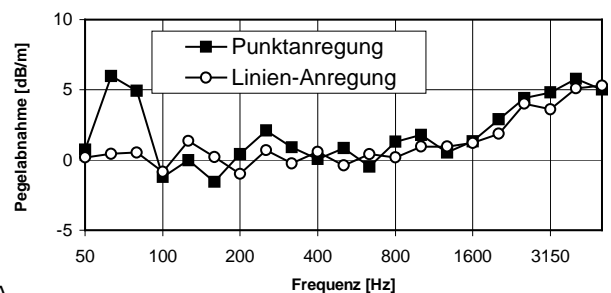


Abbildung 2: Pegelabnahme in Abhängigkeit von der Frequenz

5. Messgenauigkeit

Im Rahmen einer studentischen Übung wurde an zwei Stößen durch je 4 Gruppen ein Stoßstellendämm-Maß bestimmt. Folgende Standardabweichungen der richtungsgemittelten

Schnellepegeldifferenz und der Körperschallnachhallzeit wurden berechnet:

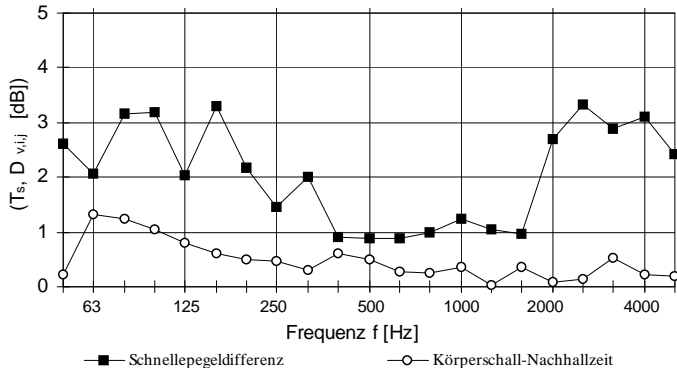


Abbildung 3: Standardabweichung der Schnellepegeldifferenz und der Körperschallnachhallzeit ermittelt aus je 4 unabhängigen Messungen

Aus den Ergebnisse ist ersichtlich, daß die Meßunsicherheit bei der Bestimmung des Stoßstellendämm-Maßes durch die Schnellepegeldifferenz bestimmt wird.

6. Messwerte K_{ij}

Nachfolgend ist das Stoßstellendämm-Maß zwischen Porenbetonwand und Kalksandsteinwand für 3 unterschiedliche Zustände dargestellt.

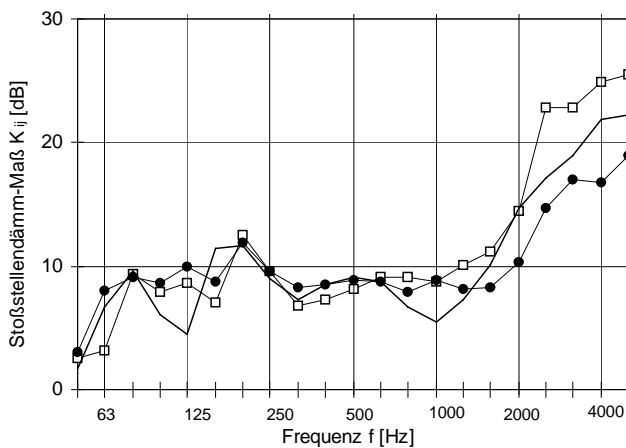


Abbildung 4: Stoßstellendämm-Maß K_{ij} zwischen Porenbetonwand und Kalksandsteinwand bei 3 Messungen

- unverputzter Zustand
- verputzter Zustand
- verputzt und Stoß gekürzt

Nur im hohen Frequenzbereich ergibt sich durch das Aufbringen des Putzes und durch das Verkürzen des Stoßes ein vermindertes Stoßstellendämm-Maß. Ursache ist vermutlich das Überputzen der unvermörtelten Stoßfugen das zu einer verminderte Ausbreitungsdämpfung (siehe Abb.2) auf der verputzten Wand führt.

7. Direkte und indirekte Bestimmung von K_{ij}

Die Messung des Stoßstellendämm-Maßes erfolgt entweder direkt durch Messung der Schnellepegeldifferenz und der Körperschallnachhallzeit gemäß Gleichung (4) oder indirekt durch Messung der Direktschalldämmung R_i und der Flankenschalldämmung R_{ij} in einem Prüfstand gemäß nachfolgender Gleichung:

$$K_{ij} = R_{ij} - \frac{R_i + R_j}{2} - 10 \lg \frac{S_s}{\sqrt{S_i S_j}} + 10 \lg \frac{I_{ij}}{\sqrt{a_{i,situ} a_{j,situ}}} \text{ dB} \quad (6)$$

In nachfolgendem Diagramm sind drei mittels unterschiedlicher Meßtechnik ermittelte Stoßstellendämm-Maße K_{ij} einer Porenbetonwand über eine KS-Trennwand hinweg dargestellt.

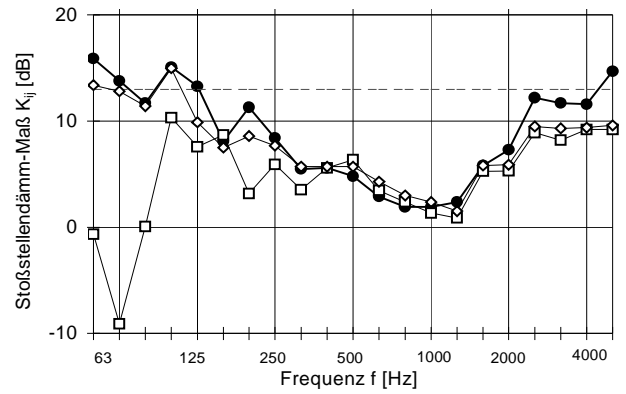


Abbildung 5: Stoßstellendämm-Maß Porenbeton über KS Wand

- K_{ij} bei Körperschallanregung nach Gl.(4) bestimmt
- K_{ij} bei Luftschallanregung nach Gl.(4) bestimmt
- K_{ij} bei Luftschallanregung nach Gl.(6) bestimmt
- Rechenwert K_{ij} nach 12354-1, Anhang E aus m'

Für die drei Messverfahren ergibt sich eine sehr gute Übereinstimmung zumindest im Frequenzbereich von 250 Hz bis 2000 Hz. Bei tiefen Frequenzen im besonderen unter 100 Hz ergeben sich deutliche Abweichungen zwischen direkter und indirekter Messung Hier führen vermutlich einzelne Moden im Luftschallfeld zu den Abweichungen. Bei Frequenzen über 2000 Hz liegen die mittels Körperschallanregung gemessene Stoßstellendämm-Maße höher. Ursache ist hier die an Mauerwerk festgestellte Ausbreitungsdämpfung, die bei Körperschallanregung auch auf dem Sendebauteil zum tragen kommt.

Das gemessene Stoßstellendämm-Maß zeigt im Gegensatz zu dem frequenzunabhängigen Rechenwert eine deutliche Abhängigkeit von der Frequenz: einer kontinuierliche Verminderung des K_{ij} mit der Frequenz bis ca 1250 Hz folgt ein Ansteigen mit der Frequenz.

Für Mauerwerk ergeben sich folgende Aussagen zur Stoßstellendämmung

- bei tiefen Frequenzen ergibt sich häufig durch einen geringen „modal overlap“ ein Anstieg der Stoßstellendämm-Maße
- auf Mauerwerk ergibt sich durch eine Ausbreitungsdämpfung ein Anstieg des Stoßstellendämmmaßes bei hohen Frequenzen
- die Messunsicherheit bei der Bestimmung von K_{ij} wird durch die Messung der Schnellepegeldifferenz bestimmt

Literaturverzeichnis

- /1/ pr EN 12354-1: Schluss-Entwurf: Bauakustik - Berechnung der akustischen Eigenschaften von Gebäuden aus den Bauteileigenschaften - Teil 1: Luftschalldämmung zwischen Räumen, April 1999
- /2/ pr EN 10848-1: Norm-Entwurf: Akustik - Messung der Flankenübertragung von Luftschall und Trittschall zwischen benachbarten Räumen in Prüfständen-Teil1: Rahmendokument, Januar 2000
- /3/ Kihlman T. (1967) *Transmission of structure-borne sound in buildings* report National Swedish Institute for Building research