

Berechnung des Stoßstellendämm-Maßes an Mauerwerkswänden mittels FEM

Martin Schneider, Rolf Schatz, Heinz-Martin Fischer

Hochschule für Technik, 70174 Stuttgart, Deutschland, Email: Martin.Schneider@hft-stuttgart.de

Einleitung

Das Stoßstellendämm-Maß K_{ij} an Bauteilstößen ist im Massivbau eine wichtige Größe zur Berechnung der Schalldämmung zwischen Räumen. Für übliche Bauteilstöße (Kreuz-, T- und L-Stöße) kann die Stoßstellendämmung nach Anhang E zu EN 12354-1 [1] aus dem Verhältnis der flächenbezogenen Massen ermittelt werden. Für andere Geometrien (z.B. versetzte Stöße, zweischalige Haustrennwände auf einem gemeinsamen Fundament, etc.) stehen bislang keine geeigneten Hilfsmittel zur Berechnung des Stoßstellendämm-Maßes zur Verfügung. Auch zum Einfluss der Knotenpunktausbildung, z.B. am Knoten „Decke-Außenwand“ mit der häufig eingesetzten Abmauerung der Deckenstirnseite, auf die Stoßstellendämmung ist bislang wenig bekannt.

Eine messtechnische Ermittlung von Stoßstellendämm-Maßen wird im Labor aufgrund hoher Aufbaukosten nur selten durchgeführt. Bei Messungen zum Stoßstellendämm-Maß am Bau können dagegen bestimmte Randbedingungen nicht beliebig variiert werden. Eine kostengünstige Alternative zu den Messungen ist die Berechnung der Stoßstellendämmung mittels Finite-Elemente-Methode (FEM). Im Rahmen einer Pilotstudie sollte in Verbindung mit einer Diplomarbeit [2] geklärt werden, ob, mit welchem Aufwand und mit welcher Genauigkeit die Körperschallübertragung zwischen massiven Bauteilen mittels FEM ermittelt werden kann. In einem ersten Schritt wurden die Schnellepegeldifferenz und die Stoßstellendämmung an einfachen monolithischen Strukturen bzw. Bauteilstößen untersucht und mit Rechenwerten z.B. nach EN 12354-1 verglichen. Die Art der Anregung, der Einfluss von Dämpfung, Randeinspannung und Bauteilgeometrie auf die Stoßstellendämmung wurde untersucht. Weiterhin wurden die Berechnungen mit den modalen Verhalten der Wand verglichen. Nach der Verifizierung der einfachen Berechnungsmodelle wurden Parameterstudien zur Stoßstellendämmung bei zweischaligen Haustrennwänden in Abhängigkeit von der Geometrie und im Bereich des Knotenpunktes „Außenwand-Decke“ durchgeführt.

FEM Berechnungen an einem T-Stoß

Für die FEM Berechnungen wurde das kommerziell vertriebenen Programm COMSOL [3] verwendet. Für die Berechnung werden Volumenelemente verwendet, deren Vernetzung automatisch erfolgt. Die sinusförmige Anregung erfolgte auf der Sendepatte. Zur Bestimmung der Schnellepegeldifferenz wurden die auf den Plattenoberflächen berechneten Schnellen gemittelt. Aus den in 1/24 Oktavbandbreite ermitteltem und zu Terzen gemittelten Oberflächenschnellen wurde die Schnellepegeldifferenz D_v bestimmt. Als erstes wurde ein einfacher T-Stoß wie in Abbildung 1 dargestellt untersucht.

Die Platten hatten eine Länge von 2.2 m, 2.5 m und 3 m, eine Breite von 2.6 m und eine Dicke von 0.2 m. Als

Material wurde Beton mit $E = 2.5 \cdot 10^{10}$ N/m², $\rho = 2300$ kg/m³, $\mu = 0.3$ verwendet.

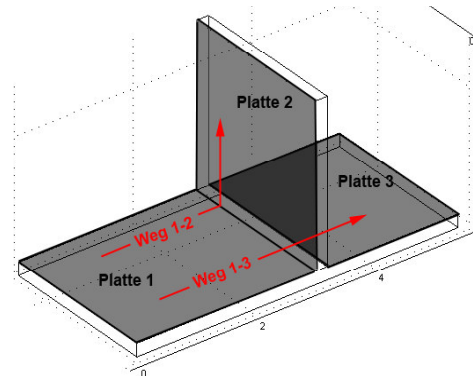


Abbildung 1: Aus 3 Betonplatten bestehender T-Stoß mit den untersuchten Übertragungswegen.

Moden

Im Rahmen der Untersuchungen wurden die Eigenmoden des Stoßes und der einzelnen Platten bestimmt. Die Eigenmoden der gelenkig gelagerten, einzelnen Platten sind auch auf der gelenkig gelagerten Gesamtkonstruktion zu finden. Hierbei liegen jedoch die entsprechenden Eigenfrequenzen der Gesamtkonstruktion etwas über den der einzelnen Platten. In nachfolgender Abbildung sind die für den T-Stoß ermittelten Moden sowie die auf zwei Platten berechneten Schnellepegel dargestellt.

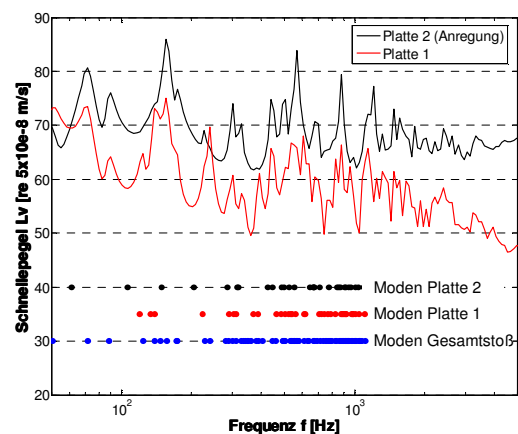


Abbildung 2: Schnellepegel auf den Platten mit Kennzeichnung der entsprechenden Moden.

Die Modendichte auf den einzelnen Platten liegt unter 500 Hz bei $n < 3$ und steigt erst zu höheren Frequenzen deutlich an.

Dämpfung

Bei den Berechnungen wurde der im Mittel am Bau gemessene Verlustfaktor $10 \lg \eta_{\text{tot}} = -12.4 - 3.3 \lg(f/100)$ [4] zugrunde gelegt. Dieser Verlustfaktor wurde über viskose Dämpf-

fung mit den Dämpfungsfaktoren α (Masse) und β (Steifigkeit) angenähert. Untersucht wurde in einem ersten Schritt welchen Einfluss der Verlustfaktor auf die Schnellepegeldifferenz und die Stoßstellendämmung hat. Hierbei steigt die Schnellepegeldifferenz zwischen angeregter Platte und den beiden Empfangsplatten mit zunehmendem Verlustfaktor. Wird über Geometrie und Verlustfaktor nach [1] aus der Schnellepegeldifferenz das Stoßstellendämm-Maß K_{ij} berechnet, so liegen die ermittelten Werte im Bereich des rechnerisch nach [1] zu erwartende Stoßstellendämm-Maß von $K_{ij} = 5.7$ dB. Bei höheren Verlustfaktoren werden die einzelnen Moden geglättet und die berechneten Pegeldifferenzen zeigen im Frequenzverlauf deutlich geringere Schwankungen. Allerdings ergibt sich bei höherem Verlustfaktor ein starker Anstieg des Stoßstellendämm-Maßes bei hohen Frequenzen durch Ausbreitungsdämpfung. Bei sehr kleinen Verlustfaktoren ergibt sich im tiefen und mittleren Frequenzbereich aufgrund eines geringen „modal overlap“ ($m < 1$) ein deutlich höheres Stoßstellendämm-Maß.

Parameterstudien

Zweischalige Haustrennwand

Die Körperschallübertragung bei nicht unterkellerten, zweischaligen Haustrennwänden kann den zu erwartenden Schallschutz zwischen den Räumen im EG deutlich verringern. Deshalb wurde in einer Parameterstudie die Schnellepegeldifferenz zwischen den Schalen in Abhängigkeit der Fundamentausbildung rechnerisch ermittelt. In nachfolgender Abbildung sind die ermittelten Schnellepegeldifferenzen zwischen den Haustrennwandschalen für eine Kopplung über eine durchgehende Bodenplatte, eine durchgehende Bodenplatte mit Fundament und zwei getrennte Bodenplatten die jedoch über das gemeinsame Fundament verbunden sind dargestellt.

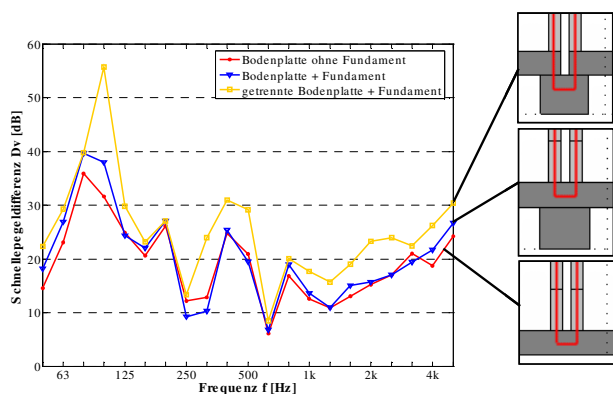


Abbildung 3: Berechnete Schnellepegeldifferenz zwischen den Haustrennwandschalen (150 mm KS 2.0) in Abhängigkeit von der Fundamentausbildung

Bei diesen Berechnungen ist ein geringer Einfluss für die Schallübertragung durch das zusätzlich angebrachte Fundament festzustellen. Wird jedoch die gemeinsame Bodenplatte getrennt, erhöht sich die Schnellepegeldifferenz zwischen den Wandschalen im Mittel um 5 dB.

Knotenpunkt „Decke-Außenwand“

Die Ausbildung des Knotenpunkts „Decke-Außenwand“ wird bislang bei der Berechnung des Stoßstellendämm-

Maßes nicht berücksichtigt. Aus wärmetechnischen Gründen muss im Bereich der Deckenstirnseite eine Wärmedämmschicht eingebaut werden. Häufig wird zusätzlich zu dieser Schicht aus baupraktischen Gründen eine Vormauerung vor die Wärmedämmschicht gestellt. Der Einfluss dieser Maßnahmen auf die Stoßstellendämmung ist in nachfolgender Abbildung dargestellt.

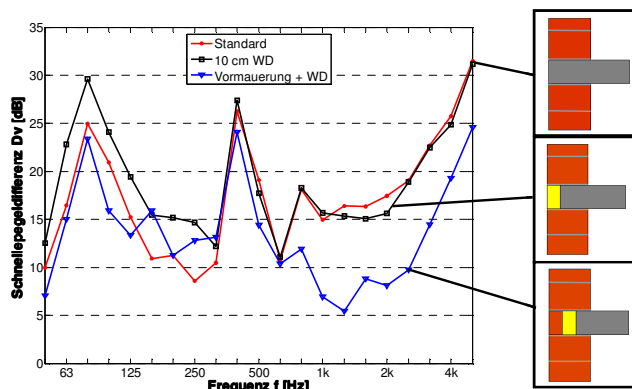


Abbildung 4: Schnellepegeldifferenz zwischen übereinander liegenden monolithischen Außenwänden (Weg F-f) bei unterschiedliche Ausbildung des Deckenauflegers

Auf dem untersuchten Übertragungsweg ergibt sich durch das Anbringen der Wärmedämmschicht keine Veränderung in der Schnellepegeldifferenz. Das Aufstellen einer Vormauerung vor der Wärmedämmschicht führt dagegen zu einer deutlichen Verringerung der Dämmwirkung.

Zusammenfassung

Die Körperschallübertragung von Stoßstellen kann mit der FEM ermittelt werden. Für einfache Stoßstellen stimmen berechnete Schnellepegeldifferenzen und Stoßstellendämm-Maße gut mit Literaturwerten überein. Darüber hinaus ergibt sich durch die FEM eine kostengünstige Möglichkeit den Einfluss verschiedener Parameter auf die Körperschallübertragung von Stoßstellen zu untersuchen. So kann beurteilt werden ob unterschiedliche bautechnische Ausführungen einen signifikanten Einfluss auf die Schallübertragung aufweisen. Zukünftig könnten, analog zu einem Wärmebrückenatlas, mit FEM berechnete Stoßstellendämm-Maße als Eingangsparameter für die normative Berechnung des Schallschutzes verwendet werden.

Literatur

- [1] DIN EN 12354-1: Berechnung der akustischen Eigenschaften von Gebäuden aus den Bauteileigenschaften, Teil 1: Luftschalldämmung zwischen Räumen, Dez. 2000, Beuth Verlag, Berlin
- [2] Schatz, Rolf: Berechnung der Körperschallübertragung in Gebäudestrukturen mit der FEM, Diplomarbeit im Studiengang Bauphysik, HfT Stuttgart WS2005/06
- [3] Comsol, Multiphysics User's Guide, Version 3.2, 2005
- [4] Fischer H.-M. et al.: Einheitliches Konzept zur Berücksichtigung des Verlustfaktors bei Messung und Berechnung der Schalldämmung massiver Wände; Fortschritte der Akustik- DAGA 2001 S. 180-181