

Ansatz für ein Rechenmodell zur Prognose der Trittschallübertragung von entkoppelten Massivtreppen

Emre Taşkan¹, Jochen Scheck^{1,2}, Christoph Fichtel², Heinz-Martin Fischer¹

¹ Hochschule für Technik Stuttgart, 70174 Stuttgart, E-Mail: emre.taskan@hft-stuttgart.de

² STEP GmbH, 71364 Winnenden, E-Mail: christoph.fichtel@steponline.de

Einleitung

In der aktuellen Fassung der DIN 4109 [1] wird für entkoppelte Treppenläufe und Podeste in Massivbauweise pauschal ein Norm-Trittschallpegel von $L'_{n,w,R} \leq 43$ dB angegeben. Messungen am Bau zeigen, dass dieser Wert eher an der Obergrenze des erreichbaren Trittschallschutzes liegt und meist nicht erreicht wird. Ein Rechenverfahren, mit dem eine zuverlässige Prognose unter Berücksichtigung der maßgeblichen Einflüsse durchgeführt werden kann, ist momentan weder in der nationalen noch in der internationalen Normung verfügbar. Auch gibt es kein genormtes Prüfverfahren, mit dem Entkopplungselemente für Massivtreppen charakterisiert werden können. Nachfolgend wird ein Ansatz für ein Rechenmodell zur Prognose der Trittschallübertragung von entkoppelten Massivtreppen vorgestellt und Möglichkeiten zur Charakterisierung von Entkopplungselementen diskutiert.

Ansatz für ein Rechenmodell

Der Ansatz für ein Rechenmodell zur Prognose der Trittschallübertragung von entkoppelten Treppenpodesten basiert auf dem Prognoseverfahren der EN 12354-2 [2]. Dieses wurde für Massivdecken entwickelt, kann aber prinzipiell ebenso zur Prognose der Trittschallübertragung von Massivwänden herangezogen werden. Die Verbesserung durch ein in der Wand entkoppelt aufgelagertes Treppenpodest kann – in Analogie zur Verbesserung einer Decke durch einen schwimmenden Estrich – in Form einer Trittschallminderung nach EN ISO 140-8 [3] berücksichtigt werden (1).

$$\Delta L'_{situ} = \Delta L^* = L_{n,Ref,Wand} - L_{n,Ref,Podest} \quad [\text{dB}] \quad (1)$$

Für entkoppelte Treppenpodeste ergibt sich die Trittschallminderung aus der Differenz bei 1.) Anregung der Treppenwand und 2.) Anregung des Treppenpodestes (Abbildung 1). Eine messtechnische Bestimmung der Trittschallminderung ist zweckmäßig, da alle maßgeblichen Einflüsse, insbesondere die Verbesserung durch Entkopplungselement und Stoßstelle im Messwert enthalten sind. Eine rein analytische Berechnung der Trittschallminderung erscheint in Anbetracht der Komplexität des Übertragungssystems nach momentanem Erkenntnisstand nicht handhabbar. Unter der vereinfachenden Annahme, dass die Trittschallminderung eines entkoppelten Treppenpodestes eine invariante Größe ist, kann diese als Eingangsgröße für die Prognose am Bau verwendet werden (2).

$$L'_{n,situ,Podest} = L'_{n,situ,Wand} - \Delta L'_{situ} \quad [\text{dB}] \quad (2)$$

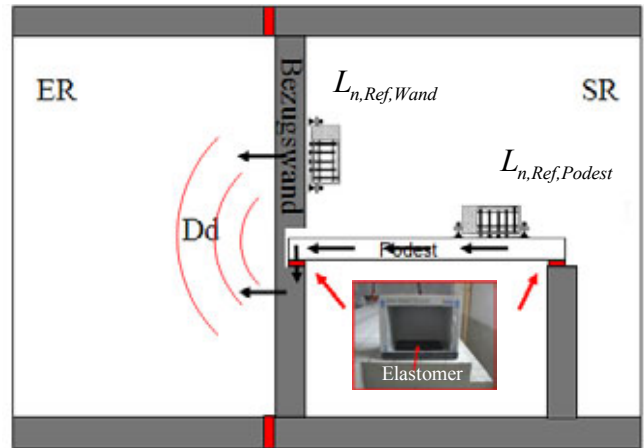


Abbildung 1: Messung der Trittschallminderung von entkoppelten Treppenpodesten im (Wand-) Prüfstand

Schwingungs- und Übertragungsverhalten zweier unterschiedlicher Podeste

Die Invarianz der Trittschallminderung in Bezug auf unterschiedliche Podestgeometrien wurde im Treppenprüfstand untersucht. Als Fortführung der in [4] beschriebenen Untersuchungen an einem, bezüglich der am Bau üblichen Verhältnisse, relativ großen Treppenpodest, wurde das Schwingungs- und Übertragungsverhalten eines relativ kleinen Treppenpodestes analysiert und mit dem des großen Podestes verglichen. Beide Podeste weisen die gleiche Dicke bzw. flächenbezogene Masse auf und sind entkoppelt (Schöck Tronsole AZ) auf der Treppenwand aufgelagert (Abbildung 2).

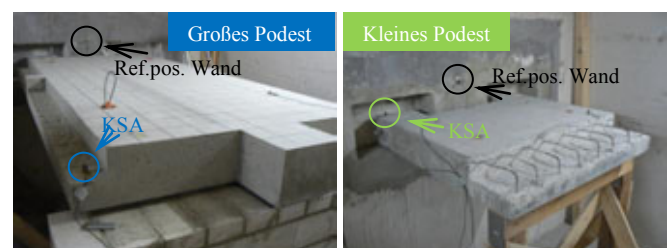


Abbildung 2: Aufbauten im Treppenprüfstand
Großes Podest: 2,8 x 1,3 x 0,18 m ; Kleines Podest: 1,3 x 1,1 x 0,18 m ; Entkopplung jeweils mit Schöck Tronsole AZ ; Treppenwand: 24 cm KSV RDK 1,8.

Für eine experimentelle Modalanalyse wurden Körperschallaufnehmer (KSA) auf den Podesten und an einer jeweils gleichen Referenzposition auf der Treppenwand positioniert. Die gemittelten Übertragungsfunktionen für die Anregung aller Rasterpunkte mit dem Impulshammer zu den Referenzpositionen auf Podesten und Wand sind in Abbildung 3 in Terzen dargestellt.

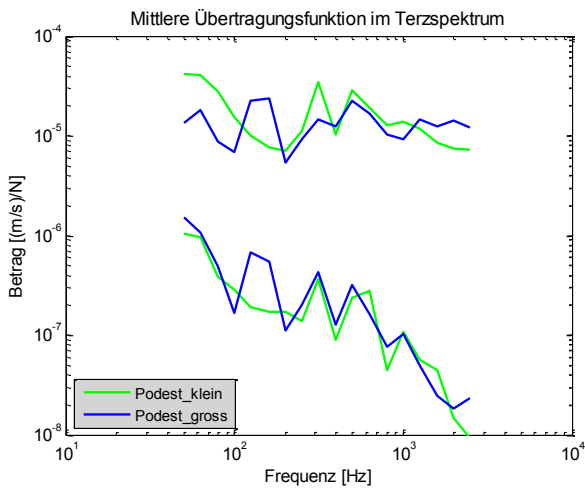


Abbildung 3: Mittlere Transferadmittanz auf den Podesten (oben) und auf die Referenzposition auf der Wand (unten)

Charakteristisch für die Podestschwingungen sind einzelne, schwach bedämpfte Moden, deren Schwingungsformen denen von freien Platten entsprechen [4]. Es treten für beide Podeste überwiegend gleiche Schwingungsformen auf, die beim kleinen Podest, bedingt durch die kleinere Fläche, zu höheren Frequenzen verschoben sind. Bemerkenswert ist, dass die erste Podestmode beim großen Podest erst oberhalb 100 Hz auftritt, beim kleinen Podest sogar erst oberhalb 300 Hz. Demgegenüber liegt die erste Wandmode unter 50 Hz, d.h. die Modendichte auf der Treppenwand ist (generell) wesentlich größer als auf den Podesten. In [4] wurde festgestellt, dass bei den Podestmoden des großen Podestes eine maximale Körperschall-Übertragung auf die Treppenwand erfolgt. Diese wurde ebenso für das kleine Podest nachgewiesen. Infolge der mit der Podestgeometrie geänderten Modenkopplung ergeben sich bei Betrachtung der Schmalband-Spektren Unterschiede in der Transferadmittanz Podest-Wand von größer 20 dB für die beiden Podeste. Bei Betrachtung der Terzspektren hingegen betragen die Unterschiede lediglich ca. 3 dB im Frequenzbereich oberhalb 200 Hz und bis ca. 10 dB im Frequenzbereich darunter. Somit ist festzustellen, dass trotz des stark modal geprägten Schwingungsverhaltens der Podeste die Übertragung auf die Treppenwand in der gleichen Größenordnung liegt. Da die untersuchten Podeste hinsichtlich ihrer Abmessungen in etwa die am Bau maximal auftretenden Unterschiede repräsentieren, kann von einer guten Übertragbarkeit der Prüfstandsergebnisse auf Bausituationen ausgegangen werden, sofern die sonstigen Randbedingungen ähnlich sind. Aufgrund der größeren Modendichte auf dem großen Podest wird dieses als Referenz-Podest zur Bestimmung der Trittschallminderung favorisiert.

Charakterisierung von Entkopplungselementen

Für das Rechenmodell wird die Trittschallminderung als Gesamt-Verbesserung gegenüber der direkten Anregung der Wand als Eingangsgröße benötigt. Um eine nur für das Entkopplungselement charakteristische Größe anzugeben, ist es denkbar, die Stoßstellendämmung Podest-Wand herauszurechnen. Dies kann durch eine zusätzliche Messung des

Norm-Trittschallpegels bei Auflagerung des Podestes ohne Entkopplungselement erfolgen [5] (3).

$$\Delta L_{\text{Entkopplungselement}}^* = L_{n0, \text{Podest}}^* - L_{n, \text{Podest}}^* \quad [\text{dB}] \quad (3)$$

Zu beachten ist dabei jedoch, dass die Stoßstellendämmung und die Dämmung durch das Entkopplungselement streng genommen nicht unabhängig voneinander betrachtet werden können. In bisherigen Untersuchungen wurde für die Charakterisierung von Podest-Entkopplungselementen oft die Differenz der Norm-Trittschallpegel in Bezug auf ein ringsherum starr in die Wand eingebundenes Treppenpodest gemessen. Aufgrund des dadurch geänderten Schwingungsverhaltens des Podestes und damit der Stoßstelle wird nach dieser Methode nicht das Entkopplungselement für sich alleine beschrieben, sondern die Gesamt-Einfügungsdämmung mit dem absolut starren Einbau als Referenz.

Zusammenfassung

Das vorgestellte Verfahren zur Prognose der Trittschallübertragung von entkoppelten Treppenpodesten basiert auf der experimentellen Bestimmung der Trittschallminderung im Treppenprüfstand in Anlehnung an EN ISO 140-8 und der Prognose der Körperschallausbreitung im Gebäude anhand EN 12354-2. Dazu muss ein Referenzaufbau mit einem Referenz-Podest im Prüfstand definiert werden und die Übertragbarkeit auf Bausituationen sichergestellt werden [6]. Der Einfluss unterschiedlicher Podestflächen auf die Körperschallübertragung erscheint nach den bislang im Treppenprüfstand durchgeführten Untersuchungen verhältnismäßig gering, was eine wesentliche Voraussetzung für die Prognose ist.

Literatur

- [1] DIN 4109: Schallschutz im Hochbau, Anforderungen und Nachweise, November 1989.
- [2] EN 12354-2: Berechnung der akustischen Eigenschaften von Gebäuden, Teil 2: Trittschalldämmung zwischen Räumen, September 2008.
- [3] EN ISO 140-8: Messung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen, Teil 8: Messung der Trittschallminderung durch eine Deckenauflage auf einer massiven Bezugsdecke in Prüfständen, März 1998.
- [4] Taşkan, E.; Scheck, J.; Fischer, H.-M.: Vibration Behaviour and Structure-Borne Sound Transmission of a Resiliently Supported Landing, DAGA 2009, Rotterdam.
- [5] Fichtel, C.; Schneiderhan, T.; Scheck, J.: Konzeption von Prüfaufbauten zur Untersuchung der Schallübertragung von Treppenpodesten im Treppenprüfstand, DAGA 2009, Rotterdam.
- [6] Fichtel, C.; Scheck, J.; Taşkan, E.; Fischer, H.-M.: Übertragbarkeit von Prüfstandsmessergebnissen für entkoppelte Massivtreppen auf Bausituationen, DAGA 2010, Berlin.