

## Untersuchung des Schwingungsverhaltens von leichten Ständerwänden

Stefan Schoenwald, Heiko J. Martin, Eddy Gerretsen

Technische Universiteit Eindhoven, NL-5600 MB Eindhoven, The Netherlands, Email: s.schoenwald@bwk.tue.nl

### Einleitung

Zur Zeit wird an der Technischen Universität in Eindhoven ein Forschungsprojekt zur Messung des Stoßstellendämmmaßes  $K_{ij}$  (EN 12354) an Stößen aus leichten, biegsamen, zweischaligen Bauteilen, wie z. B. Gipskartonständerwänden, durchgeführt. Insbesondere soll hierbei die direkte Körperschallmessmethode nach prEN ISO 10848 an derartige Strukturen angepasst werden.

Dies ist jedoch unter anderem nur möglich, wenn die Schnellepegeldifferenz der gekoppelten Bauteile mit einem vertretbaren Zeitaufwand bestimmt werden kann [1]. Voraussetzung hierfür ist ein grundlegendes Wissen über die Körperschallausbreitung in derartigen Bauteilen. Aus diesem Grund wurde eine Parameterstudie an leichten Gipskartonständerwänden durchgeführt, um den Einfluss von strukturellen Veränderungen auf das dynamische Verhalten darzustellen. Zu den untersuchten Parametern gehört auch der Verlustfaktor, der im folgenden vorgestellt wird.

### Gesamtverlustfaktor $\eta$

Der Gesamtverlustfaktor  $\eta$  einer Struktur bezeichnet das Verhältnis der verlorengegangenen Leistung zu der mechanischen Leistung in einem dynamischen System. Verluste entstehen durch Schallabstrahlung, durch Transmission zu angrenzenden Bauteilen, sowie durch innere Verluste, d. h. Umwandlung von mechanischer Energie in Wärme innerhalb einer Struktur.

### Angewandte Messmethoden

#### Transiente Messmethode

Bei der transienten Messmethode wird der Verlustfaktor aus der Ausklingzeit  $T_S$  der Struktur berechnet.

$$\eta = \frac{2,2}{f \cdot T_S} \quad (1)$$

Die Ausklingzeiten wurden mit Hilfe eines PC-Notebooks und der Messsoftware ‚Dirac‘ bestimmt. Die Struktur wurde durch einen Shaker mit einem MLS- oder Sweep-Signal angeregt und die Impulsantwort mit Beschleunigungsaufnehmern gemessen. Die Ausklingzeit wurde aus der Impulsantwort mittels Rückwärtsintegration ermittelt.

Die Messungen zeigten, dass bei ausreichendem Signal-to-Noise-Ratio (SNR) sich kein Unterschied bei der Verwendung der verschiedenen Anregesignale in der Ausklingzeit ergab. Jedoch kann der SNR abhängig von der Situation durch das verwendete Anregesignal verbessert werden. Da der SNR mindestens 10 dB, besser jedoch 15 dB, größer als der Auswertebereich der Ausklingzeiten sein sollte, wurden im folgenden nur die Ausklingzeiten  $T_{10}$  und  $T_{20}$  verwendet. Da die Resultate auch für eine Modellierung der Wände verwendet werden, wurden die Verlustfaktoren für die ein-

zelnen Felder der Wand, d. h. den Bereich zwischen zwei benachbarten Ständern, separat gemessen und anschließend gemittelt. Die Anzahl der Anstoßpunkte, Messpositionen und Mittelungen übertraf die Anforderungen in prEN ISO 10848-1.

#### Stationäre Messmethoden

Zur Überprüfung der transient gemessenen Verlustfaktoren und zur Untersuchung des Körperschallfeldes dienen Schnellepegelmessungen.

Hierzu wurden die Wände an festgelegten Punkten auf deren Längsachse durch einen Shaker mit stationärem weißem Rauschen angestoßen. Die Schnellepegeldifferenz wurde zwischen dem Anstoßpunkt und Messpunkten auf der horizontalen und der vertikalen Geraden durch den Anstoßpunkt mit einem FFT-Analysator gemessen. Der Punktabstand auf den Messstrecken betrug 0,1 m. Mit dieser Methode können Eigenschaften des Körperschallfeldes in relativ kurzer Zeit abgeschätzt werden.

### Untersuchungsobjekt

Als Untersuchungsobjekt wurden zwei geometrisch fast identische leichte Gipskartonständerwände der Länge 4,20 m und der Höhe 2,60 m in Teilschritten errichtet um den Einfluss von strukturellen Änderungen verfolgen zu können. Eine wurde als Metallständerwand (Bez. MS, Profile: CW/UW 75 x 0,6 mm) und die zweite als Holzständerwand (Bez. HS, Kanthölzer: 69 mm x 44 mm) ausgeführt. Die Rahmen mit einem Ständerabstand von 0,6 m sind einfach mit Gipskartonplatten (2,60 m x 0,6 m x 12,5 mm) beplankt, deren Stöße verspachtelt sind. In die Gefache der Wände wurden leichte Mineralfaserplatten (Dicke: 60 mm, Rohdichte: 16 kg/m<sup>3</sup>) lose eingestellt.

Unten sind die Wände an den schweren Betonboden des Prüfraumes angeschlossen, während das obere Ende frei ist. Seitlich grenzen sie jeweils an einem Ende an die schweren, leicht geneigten Wände des Versuchsraumes an, wo Holzbohlen zum Neigungsausgleich angebracht sind. Am anderen Ende grenzen sie an Stahlhohlprofil, das mit Sand gefüllt und am Boden und oberen Ende festverankert ist. Alle Anschlüsse sind gemäß den Standarddetails mit Punktverbindungen und elastischer Zwischenlage ausgeführt.

### Untersuchungsschritte

Die Wände wurden in den folgenden Teilschritten errichtet und jeweils der Verlustfaktor gemessen:

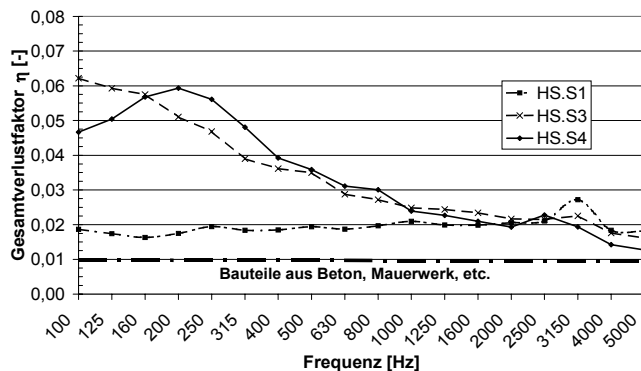
- |            |              |                                   |
|------------|--------------|-----------------------------------|
| <b>S1:</b> | Ständerwerk: | Ständerabstand 0,6 m              |
|            | Beplankung:  | einseitig, einfach, Gefache offen |
|            | Absorption:  | keine                             |
| <b>S2:</b> | Ständerwerk: | <b>Ständerabstand 0,3 m</b>       |
|            | Beplankung:  | einseitig, einfach, Gefache offen |
|            | Absorption:  | keine                             |

- S3:** Ständerwerk: Ständerabstand 0,6 m  
 Beplankung: einseitig, einfach, Gefache offen  
 Absorption: **60 mm Mineralfaserplatten**
- S4:** Ständerwerk: Ständerabstand 0,6 m  
 Beplankung: **beidseitig, einfach**  
 Absorption: 60 mm Mineralfaserplatten

## Messergebnisse

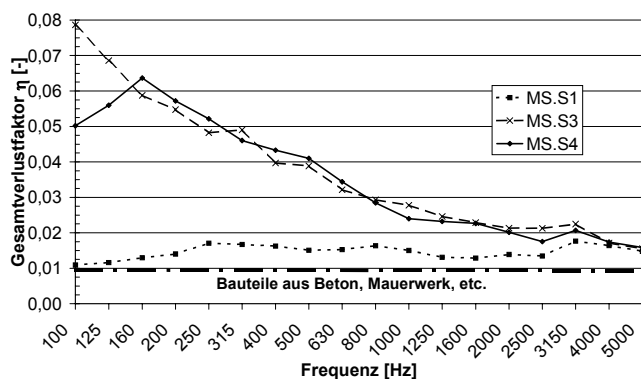
### Transiente Messmethode

In Situation S1 ist der Verlustfaktor von beiden Wänden im gesamten betrachteten Frequenzbereich konstant und in beiden Fällen etwas größer als die Erfahrungswerte für schwere, monolithische Bauteile. Für die Holzständerwand beträgt er rd. 0,02 (Abb. 1) und für die Metallständerwand 0,015 (Abb. 2). Die Werte stimmen gut mit Literaturwerten für lose Gipskartonplatten (0,01 bis 0,03) überein. In Abbildung 1 ist um die Koinzidenzgrenzfrequenz bei 3150 Hz ein Maximum zu erkennen, das durch große Schallabstrahlung verursacht wird.



**Abbildung 1:** Einfluss von strukturellen Änderungen auf den Verlustfaktor einer Holzständerwand (HS)

Durch die Halbierung des Ständerabstandes mit zusätzlichen Ständern (S2) ergibt sich keine wesentliche Änderung des Verlustfaktors (S2 nicht grafisch dargestellt).



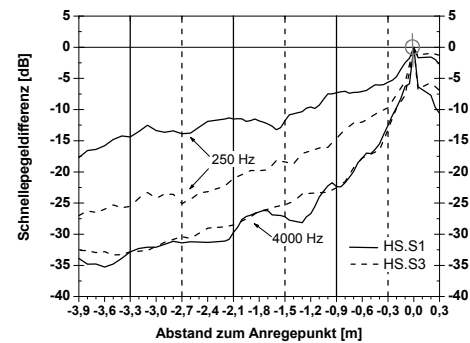
**Abbildung 2:** Einfluss von strukturellen Änderungen auf den Verlustfaktor einer Metallständerwand (MS)

Das lose Einstellen von Mineralfaserplatten in die Gefache zwischen den Ständern (S3) hat bei beiden Wänden eine erhebliche Erhöhung des Verlustfaktors im niedrigen Frequenzbereich zur Folge, der durch trockene Reibung zwischen den Gips- und Mineralfaser verursacht wird. Bei 100 Hz beträgt der Verlustfaktor der Holzständerwand 0,06 und der Metallständerwand 0,08. Zu hohen Frequenzen hin nimmt der Verlustfaktor in beiden Fällen linear ab. In den

Frequenzbändern größer 3150 Hz stimmen sie jedoch wieder mit denen in der Situation ohne Absorption (S1) überein. Die Komplettierung der Prüfwände durch das Anbringen einer einfachen Gipskartonbeplankung an der bisher offenen Seite des Ständerwerks (S4) hat im Vergleich zu S3 in beiden Fällen einen Einbruch des Verlustfaktors auf einen Wert von 0,05 zur Folge. Im Terzband um 100 Hz befindet sich auch die Feder-Masse-Resonanz der beiden Schalen. Bei der Holzständerwand ist zusätzlich ein leichter Anstieg im Frequenzbereich zwischen dem Maximum bei 200 Hz und 500 Hz vorhanden.

### Stationäre Messmethode

Die o. g. Resultate aus den Messung mit der transienten Messmethode konnten mit den stationären Schnellepegeldifferenzmessungen bestätigt werden. Stellvertretend hierfür sind in Abbildung 3 die Pegelverläufe entlang der Längsachse der Holzständerwand für die Situationen S1 und S3 in zwei Frequenzbändern dargestellt. Deutlich ist bei 250 Hz eine Pegelabnahme zu erkennen, während bei 4000 Hz hingegen keine wesentliche Veränderung des Körperschallfeldes eintritt.



**Abbildung 3:** Pegelabnahme entlang der Längsachse der Wand in Bezug auf den Anstoßpunkt (vertikale Linien: Ständerpositionen, durchgezogen: zusätzlich Plattenstoß)

## Schlussfolgerungen und Ausblick

Die Messungen haben gezeigt, dass die Beschaffenheit des Ständerwerks keinen wesentlichen Einfluss auf den Verlustfaktor der Wandschale hat. Lose eingestellte Mineralfaserplatten hingegen haben eine deutliche Erhöhung des Verlustfaktors bei tiefen und mittleren Frequenzen zur Folge. Bei zweischaligen Konstruktionen ist im Frequenzbereich der Feder-Masse-Resonanz der Schalen ein leichter Einbruch des Verlustfaktors vorhanden.

Das Absorptionsmaterial muss bei der Modellierung der Schalllängsleitung im Gegensatz zur Direktschalldämmung, wo es im hohen Frequenzbereich bei der Bedämpfung von Moden in den Gefachen eine Rolle spielt, vor allem bei tiefen und mittleren Frequenzen berücksichtigt werden.

Für eine Modellierung der Schallausbreitung müssen jedoch auch die dynamische Eigenschaften der Struktur, Energieverteilung und andere Parameter untersucht werden.

## Literatur

- [1] "Aspects of the measurement of  $K_{ij}$  at junctions of light-weight assembled structures", Schoenwald, S. et al., Proceedings of CFA-DAGA 2004, Strasbourg, France