

Messung von Körperschall-Nachhallzeiten inhomogener Strukturen am Beispiel einer Holzbalkendecke

Simon Mecking, Andreas R. Mayr, Ulrich Schanda

Hochschule Rosenheim, 83024 Rosenheim, E-Mail: simon.mecking@freenet.de

Einleitung

Körperschall-Nachhallzeiten sind für die Beschreibung des Energieflusses bei der Schallausbreitung in Gebäudestrukturen mitunter von besonderer Bedeutung. In der DIN EN ISO 10848-1 ist die Messung von Körperschall-Nachhallzeiten (homogener Strukturen) beschrieben. Im Rahmen einer Diplomarbeit wurde am Beispiel einer Holzbalkendecke untersucht, ob dieses einfache und praktikable Verfahren auch bei inhomogenen Strukturen mit akzeptabler Genauigkeit Anwendung finden kann. Dazu wurden unterschiedliche messtechnische Verfahren zur Bestimmung der Körperschall-Nachhallzeiten T angewandt und untereinander verglichen. Die Körperschall-Nachhallzeit hängt mit dem Gesamtverlustfaktor einer Struktur gemäß Gleichung 1 zusammen.

$$T \approx \frac{2,2}{\eta_{tot} \cdot f} \quad \text{in s} \quad (1)$$

η_{tot} Gesamt Verlustfaktor

f Frequenz in Hz

Messverfahren gemäß DIN EN ISO 10848

Das Messverfahren der DIN EN ISO 10848-1 schreibt für Bauteile vor, dass die Körperschall-Nachhallzeit durch punktuelle Anregung und Messung der Beschleunigung oder Schnelle an mindestens 9 Messpositionen zu ermitteln ist. Bei der Auswahl der Anrege- und Messpositionen werden Vorgaben zur geometrischen Anordnung gemacht. Zur Auswertung wird das Verfahren der Rückwärtsintegration der quadratischen Impulsantwort nach DIN EN ISO 3382-1 verwendet. Die Messergebnisse der unterschiedlichen Messpositionen werden arithmetisch gemittelt. Zur Anregung kann ein Shaker mit MLS-Signal oder ein Schlaghammer verwendet werden.

Messungen

Als Messobjekte dienten zwei Aufbauvarianten einer Holzbalkendecke. Bei der ersten Variante wurde direkt an der Rohdecke gemessen, die aus Balken mit aufgeschraubten Verlegespanplatten bestand. Bei der zweiten Aufbauvariante wurde zusätzlich ein Bodenaufbau aus Trockenestrich-elementen mit 10 mm Holzfaserkaschierung auf einer 6 cm hohen Perlite-Schüttung ergänzt. Die Fläche der Gesamdecke betrug ca. 16 m². Zur Minimierung der Wechselwirkung zwischen der untersuchten Holzbalkendecke und dem restlichen Prüfstand wurden elastische Auflager verwendet. Die gesamte Decke lagerte mit diesen Auflagern ohne Randeinspannung auf einer Betonkonsole des Prüfstandes.

Zur Anregung des Bauteils wurde sowohl ein Shaker mit einem MLS-Signal als auch ein Schlaghammer (Gummi) verwendet. Die Messungen wurden mit dem Echtzeitanalysator Nor-840 durchgeführt. Zur Berechnung der Körperschall-Nachhallzeit wurde die Rückwärtsintegration nach Schroeder durchgeführt. Bei den MLS-Messungen wurde eine zeitinverse Filterung genutzt. Ausgewertet wurde T_{20} .

Ergebnisse

Einfluss von Luftschall bei leichten Strukturen

Zur Untersuchung des Einflusses durch den Luftschall, der bei der Anregung des Bauteils erzeugt wird, wurden Messungen bei unterschiedlicher Bedämpfung der angrenzenden Räume durchgeführt.

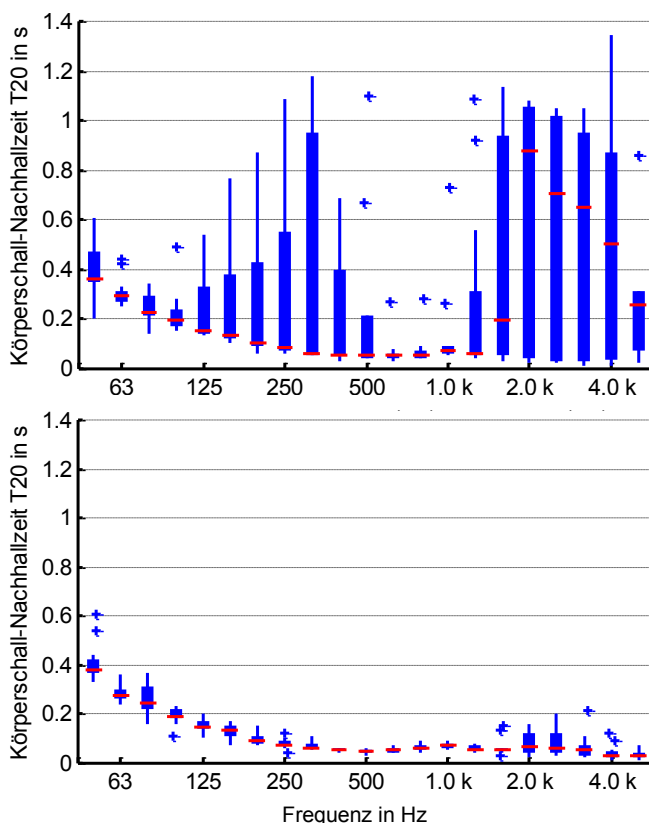


Abbildung 1: Vgl. von Messergebnissen (Darstellung: Box-Plots mit Median) aus 14 Messpositionen am Trockenestrich bei Hammeranregung ohne zusätzliche Bedämpfung (oben) und mit hoher Bedämpfung (unten) der angrenzenden Räume durch das Einbringen von Absorbern.

Der Vergleich der Messergebnisse in Abbildung 1 zeigt eine starke Beeinflussung der leichten Struktur im Bereich von 125 bis 500 Hz und oberhalb der Koinkidenzgrenzfrequenz.

Wenn keine zusätzliche Bedämpfung der angrenzenden Räume erfolgt, kommt es zu einer Rückwirkung des durch die Anregung erzeugten Luftschalls und verlängert damit die

Körperschall-Nachhallzeiten an einzelnen Messpositionen. Wird bei der Zusammenfassung der Messergebnisse der einzelnen Messpositionen der Median statt des arithmetischen Mittelwertes benutzt, wird das Ergebnis aufgrund der Robustheit dieser statistischen Maßzahl gegenüber extremen Werten nicht durch diese verzerrt.

Aus den Erkenntnissen dieser Untersuchung lassen sich zwei Handlungshinweise geben, um eine Messung der Körperschall-Nachhallzeiten unterhalb der Koinzidenzgrenzfrequenz ohne Beeinflussung durch Luftschall, der bei der Anregung erzeugt wird, zu ermöglichen:

1. Messungen nur bei hoher Bedämpfung der angrenzenden Räume durchführen
2. Verwendung des Median statt des arithmetischen Mittelwertes

Einfluss der Anregemethode

Untersuchungen an massiven Gipswänden von Meier [1] zeigten systematische Unterschiede zwischen der Anregung mit einem Schlaghammer und der Anregung mit dem Shaker bei Verwendung eines MLS-Signals.

Bietz und Wittstock [2] stellten bei Messungen an unterschiedlich schweren Bauteilen bereits die These auf, dass der Unterschied zwischen den Verfahren mit Abnahme des Flächengewichts kleiner wird. Bei Messungen an einer Spanplatte stellten sie keine systematischen Unterschiede zwischen den Verfahren fest.

Die Ergebnisse zur Art der Anregung bei den untersuchten Holzbalkendecken sind in Abbildung 2 dargestellt.

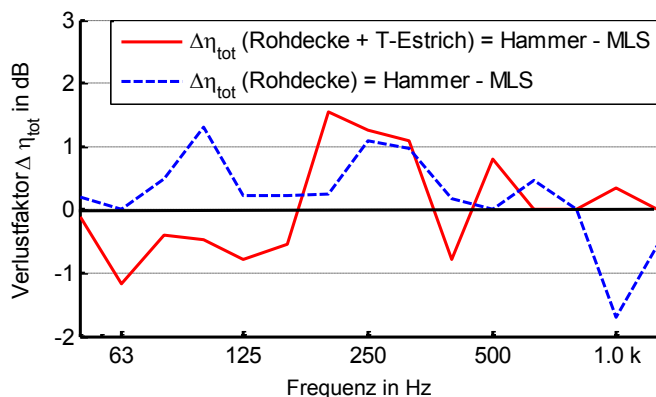


Abbildung 2: Differenzen der Verlustfaktoren aus Hammer- und MLS-Anregung für die beiden Deckenvarianten, ermittelt aus jeweils 34 Messpositionen mit einer Anregeposition.

Abbildung 2 weist keine systematischen Unterschiede zwischen den Anregemethoden auf. Das bekräftigt die These von Bietz und Wittstock [2], dass bei leichten Strukturen diese beiden Verfahren zu gleichwertigen Ergebnissen führen. Die Unterschiede zwischen den Verfahren sind mit max. 1,8 dB für den bauakustischen Bereich hinreichend genau.

Wahl der Anrege- und Messpositionen

Messungen direkt an der inhomogenen Struktur (Rohdecke) ohne kraftverteilende Zwischenschichten zeigten Unterschiede bei den Ergebnissen von Positionen im Bereich der

Balkenachse im Gegensatz zu Positionen zwischen den Balken. Für eine repräsentative Messung wird eine flächenanteilige Berücksichtigung von Positionen im Feld bzw. im Bereich der Balkenachse vorgeschlagen.

Vergleich der Ergebnisse mit Literaturangaben

Der Vergleich der Verlustfaktoren der beiden Deckenaufbauvarianten zeigt einen deutlich unterschiedlichen Frequenzgang im Bereich zwischen 50 und 400 Hz (Abb. 3). Die Rohdecke zeigt bis ca. 500 Hz eine Ähnlichkeit zu Literaturwerten von massiven Bauteilen.

Im Gegensatz zu Ergebnissen für eine Holzbalkenrohdecke [4], bei denen diese - anders als in dieser Untersuchung - nicht über elastische Zwischenschichten gelagert war, zeigten sich höhere Verluste im Frequenzbereich unter 250 Hz. Es wird vermutet, dass die elastische Auflagerung bei tiefen Frequenzen zu höheren Verlusten auf Grund einer Bedämpfung der Eigenmoden führt. Dieser Unterschied könnte jedoch partiell auch auf eine ungünstige Verteilung von Anrege- und Messpositionen bei [4] bedingt sein.

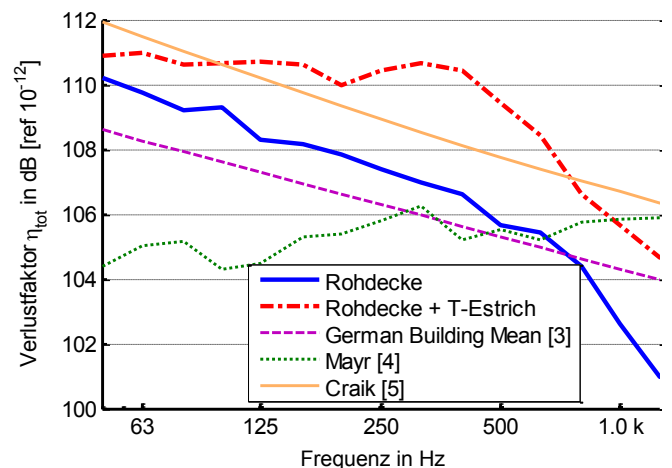


Abbildung 3: Verlustfaktoren der beiden Deckenaufbauvarianten der Holzbalkendecke mit Literaturangaben aus dem Massivbau [3,5] und einer hart aufgelagerten Holzbalken Rohdecke [4]

Literatur

- [1] Meier, A. Die Bedeutung des Verlustfaktors bei der Bestimmung der Schalldämmung im Prüfstand. Shaker Verlag, Aachen, 2000
- [2] Bietz, H., Wittstock, V. Anmerkungen zur Messung von Körperschall-Nachhallzeiten und Strukturimpedanzen in der Bauakustik. In Fortschritte der Akustik, DAGA 2007, 149–150
- [3] Späh, M., Blessing, M., Fischer, H.-M. Verifizierung des Rechenverfahrens für die Luftschalldämmung nach EN 12354-1 für den Massivbau; Teil 1: Einfluss von Eingangsgrößen. In Fortschritte der Akustik, DAGA 2001
- [4] Mayr, A. R. Vibro-acoustic sources in lightweight buildings. Logos-Verlag, Berlin, 2010
- [5] Craik, R. J. M. Sound transmission through buildings. Using statistical energy analysis. Gower, Aldershot, England ; Brookfield, Vt., USA, 1996