

## Trittschallmessungen im Modellmaßstab

Christian Bethke<sup>1</sup>, Isabel Hentschker<sup>2</sup>, Volker Wittstock<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Physikalisch-Technische Bundesanstalt, 38116 Braunschweig, E-Mail: christian.bethke@ptb.de

<sup>2</sup> Imakum GmbH, 82110 Germering

### Einleitung

Die Überarbeitung der DIN 4109 [1] erfordert Kenntnisse über die Trittschallpegel verschiedener Bauteiltypen und die mit diesen Werten verbundenen Unsicherheiten. Unsicherheiten werden durch Ringversuche ermittelt. Ringversuche unter Vergleichsbedingungen gibt es bislang nicht und somit sind die Vergleichunsicherheiten nur geschätzt. Es können bisher auch keine Angaben zur Abhängigkeit der Messergebnisse von der Geometrie des Prüfobjektes und des Empfangsraumes gemacht werden.

### Modell

Im Rahmen einer Diplom-Arbeit [2] wurde ein Modell im Maßstab 1:5 entwickelt, mit dem unterschiedliche Raumgeometrien realisiert werden können (Abb. 1). Auf den Originalmaßstab zurückgerechnet wurden hierbei Decken mit einer Größe von 6 bis 61 m<sup>2</sup> realisiert, also auch erheblich kleiner und größer als Decken in Prüfständen. Es kamen Beton-Modelldecken und einfache Modell-Holzbalkendecken in 6 unterschiedlichen Größen zum Einsatz.

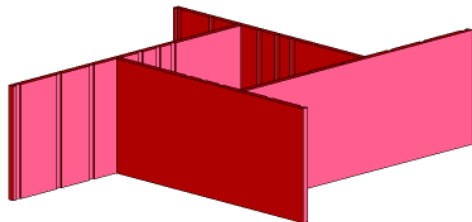


Abbildung 1: Aufbau des Modellempfangsraum zur Realisierung verschiedener Raumgeometrien.

Mittels verschiedener Absorber wurden die vorgeschriebenen Nachhallzeiten von 0,2 - 0,4 Sekunden eingestellt. Im höheren Frequenzbereich sind diese wegen der erhöhten Luftabsorption etwas kürzer (Abb.2).

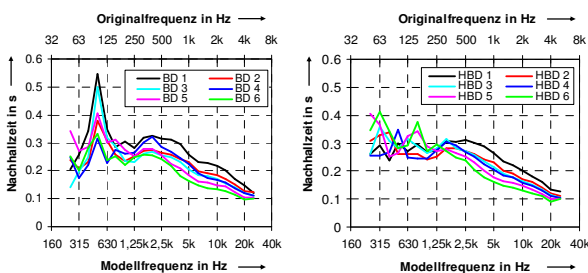


Abbildung 2: Nachhallzeiten im Empfangsraum mit Betondecken (links) und Holzbalkendecken (rechts).

### Anregung

Ein Modellhammerwerk müsste eine Hammermasse von 4 g aufweisen und 50 impulsartige Schläge je Sekunde aus jeweils 8 mm Höhe auf die zu prüfende Decke bringen. Das erweist sich als konstruktiv schwierig.

Eine weitere Variante wäre die Anregung mittels eines Shakers. Hierbei könnten Signale verwendet werden, die denen einer Hammerwerk-Anregung gut nachempfunden sind. Jedoch können damit die Impedanzverhältnisse nicht annähernd korrekt nachgebildet werden, da die schwingende Masse etwa 30 g beträgt, die zu modellierende Masse bei einem Maßstab von 1:5 jedoch nur 4 g betragen soll. Es wurde schließlich eine einfachere Art der Anregung verwendet. Hierbei wird eine 4 g schwere Metallkugel mit einem Durchmesser von 10 mm aus einer Vorrichtung fallen gelassen (Abb.3). Dies erfolgt nacheinander an 5 verschiedenen auf einer Linie liegenden Positionen, wie auch beim Norm-Hammerwerk, um die gleiche räumliche Mittelung zu erreichen.



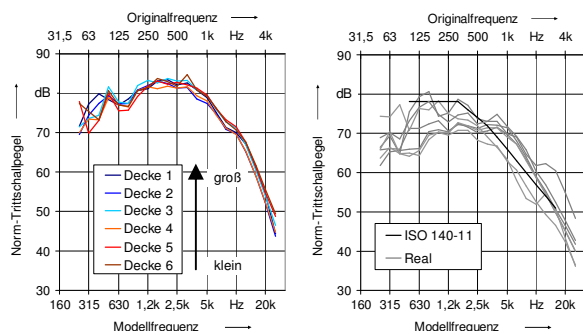
Abbildung 3: Verwendete Anregungen

Zur Berechnung des Norm-Trittschallpegels, müssen verschiedene Korrekturen eingerechnet werden. Zum einen muss der Skalierungsfaktor, zum anderen er Tatsache Rechnung getragen werden, dass im Fall der Anregung mit einem Hammerwerk 50 Kugelfallereignisse pro Sekunde auftreten. Schließlich muss auch die tatsächliche Fallhöhe der Kugel berücksichtigt werden und die Messzeit von 0,3 s berücksichtigt werden, da jedem einzelnen Kugelfall ein Schallenergiepegel zugeordnet wird..

### Ergebnisse

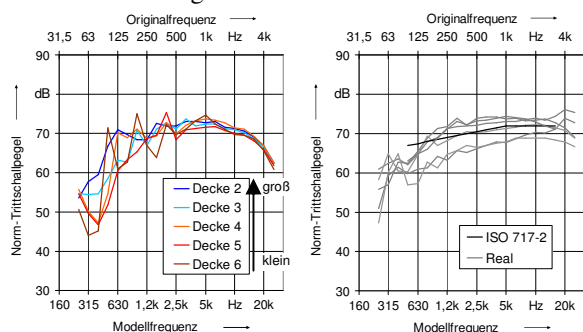
Bei den unterschiedlich großen Holzbalkendecken sind auch bei den tiefen Frequenzen nur sehr geringe Streuungen erkennbar (Abb.4). Auch der spektrale Verlauf und die absolute Größe der im Modell gemessenen Trittschallpegel stimmt gut mit der in DIN EN ISO 140-11 angegebenen Referenzkurve überein. Auch die Übereinstimmung mit typischen

einfachen Holzbalkendecken ist gut. Bei den hier gezeigten Ergebnissen stimmen die Deckenaufbauten überein. Die Deckengröße hat hier keinen Einfluss auf die Trittschallpegel.



**Abbildung 4:** Norm-Trittschallpegel von 6 verschieden-großen Holzbalkendecken im Modell (links) und von realen Holzbalkendecken aus Altbauten (rechts)

Bei unterschiedlich großen Betondecken weisen die Norm-Trittschallpegel größere Streuungen auf (Abb.5). Die Streuungen nehmen zu, je kleiner die Decke und der Empfangsraum werden. Verursacht werden diese Schwankungen durch die geringer werdende Modendichte. Eine systematische Größenabhängigkeit lässt sich hier jedoch auch nicht erkennen. Die Übereinstimmung zwischen Modell und realen Aufbauten ist gut.

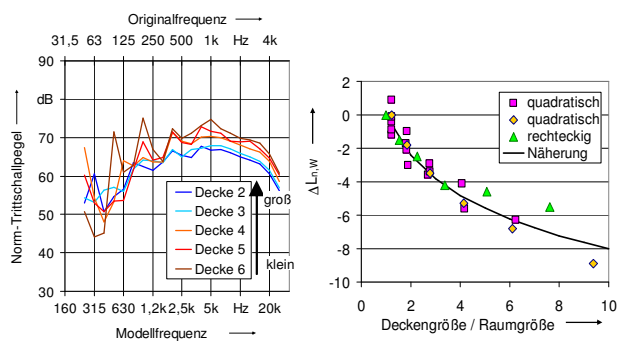


**Abbildung 5:** Norm-Trittschallpegel von 5 verschieden-großen Betondecken im Modell (links) und von Rohdecken aus realen Prüfständen

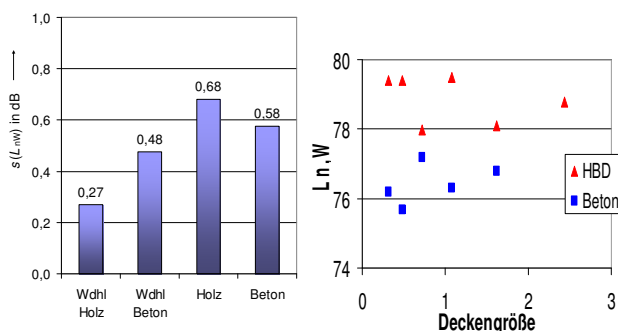
Werden verschieden große Betondecken auf den kleinstmöglichen Raum gelegt (Skelettbauweise), zeigt sich ein eindeutiger Trend dahingehend, dass der Norm-Trittschallpegel mit zunehmender Deckengröße abnimmt (Abb.6). Bei konstantem Energieeintrag wird die Energie auf die größer werdende Fläche verteilt. Im Empfangsraum wird jedoch nur der Anteil erfasst, der vom direkt darüber liegenden Deckenteil abgegeben wird. Es ergibt sich hier eine Reduktion des bewerteten Norm-Trittschallpegels von etwa 2,5 dB pro Verdoppelung der Deckenfläche (Abb.6 rechts). Für die Aufbauten, bei denen die Deckenfläche gleich der Grundfläche des Raumes ist, ist kein systematischer Zusammenhang mit der Deckengröße festzustellen (Abb.7, rechts).

Die Standardabweichungen machen nur einen geringen Teil der in der DIN 4109 vorgeschlagenen Vergleichs-Standardabweichung von 1,5 dB aus (Abb.7, links). Es scheint somit nicht erforderlich zu sein, die Bauteilgröße als separaten Unsicherheitsbeitrag bzw. systematischen Einfluss auf den Norm-Trittschallpegel zu berücksichtigen, es sei

denn, dass eine Massivdecke mehrere darunter liegende Räume überspannt. In diesem Fall kann die Unsicherheit mehrere dB betragen.



**Abbildung 6:** Norm-Trittschallpegel von 5 verschieden großen Modell-Betondecken bei konstantem Empfangsraumvolumen (links). Bewertete Norm-Trittschallpegel bei Skelettbauweise



**Abbildung 7:** Standardabweichung der bewerteten Norm-Trittschallpegel (links). Norm-Trittschallpegel bei Deckengröße = Raumgröße (rechts), HBD: Holzbalkendecke.

## Zusammenfassung

Trittschall-Modellmessungen sind geeignet die physikalischen Effekte korrekt wiederzugeben. Eine Größenabhängigkeit bei Raumfläche = Deckenfläche konnte nicht festgestellt werden. Überspannt jedoch eine Betondecke mehrere darunter liegende Räume, so sinkt der Normtrittschallpegel um etwa 2,5 dB pro Flächenverdoppelung..

## Danksagung

Die Autoren danken dem Deutschen Institut für Bautechnik für die Finanzierung der Arbeiten und Herrn Jörg Matthies für die Durchführung der Messungen.

## Literatur

- [1] DIN 4109, Schallschutz im Hochbau, Anforderungen und Nachweise, November 1989
- [2] I. Hentscher: Untersuchung des Einflusses der Raumgeometrie auf den Norm-Trittschallpegel (Messungen an Modellprüfständen). Diplomarbeit, Hochschule Mittweida, 2009