

# Dämpfungseffekte in bauakustischen Modellprüfständen

Christoph Kling

Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB), 38116 Braunschweig, Deutschland, Email: Christoph.Kling@ptb.de

## Einleitung

Dämpfungseffekte werden in der Bauakustik bisher nicht systematisch genutzt. Untersuchungen haben gezeigt, dass dadurch hinsichtlich der Schalldämmung im Hochbau ein großes Potential ungenutzt bleibt. Daher werden im Fachbereich „Angewandte Akustik“ der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt im Rahmen eines DFG-geförderten Projekts die Dämpfungseinflüsse untersucht. Ziel des Forschungsvorhabens ist es, die Wirkung von Dämpfungsmechanismen auf die Schalltransmission im Hochbau zu analysieren. Insbesondere soll der Einfluß auf die Messung der Schalldämmung im Prüfstand untersucht und eine Differenzierung in Eigenschaften des Prüflings und des Prüfstands, z.B. Ableitung über Nebenwege oder Stoßstellen, vorgenommen werden.

Hierzu wurde ein Modellsystem entwickelt, welches einen bauakustischen Wandprüfstand im Maßstab 1:10 darstellt. Die Modellmeßtechnik bietet das Vorteil, mit verhältnismäßig geringem Aufwand verschiedene Trennwände und verschiedene Anbindungen des Prüflings unter idealisierten Bedingungen zu untersuchen.

## Modellprüfstand

Bei der Modellierung müssen entsprechend den Ähnlichkeitstheoretischen Gesetzmäßigkeiten die Längen im Modell verkleinert und die Meßfrequenzen im Maßstab vergrößert werden. Da hier nicht nur ein Bauteil, sondern ein Wandprüfstand im Ganzen abgebildet werden soll, müssen die Skalierungsbedingungen für die wichtigen Materialeigenschaften gesondert untersucht werden. Daraus folgt, dass Dichte, Elastizitätsmodul und Materialdämpfung bis auf die Frequenzskalierung invariant bleiben, d.h. das Modellmaterial muß im Modellfrequenzbereich dem Originalmaterial im Originalfrequenzbereich gleichen.

Beim Aufbau der Prüfstandsmodelle wurden 25mm dicke Platten aus gegossenem Acrylglas fest miteinander verklebt. Die Eigenschaften des Acrylglases sind denen typischer Baumaterialien ähnlich. Die Dimensionierung der Modelle entspricht den im Maßstab 1:10 umgesetzten normativen Anforderungen nach ISO 140 - Teil 1 [1].

## Idealisierung der Abbildung

In den Modellen wurden eine Reihe von Idealisierungen vorgenommen. Um Ableitung und Dämpfung im Fundament zu vermeiden, werden die Modelle im Meßbetrieb körperschallisoliert an elastischen Bändern aufgehängt. Weiterhin wurde der Modellmantel aus gleich dicken Platten aufgebaut. Das verwendete Acrylglas ist homogen und isotrop. Schließlich wurden die Modellprüfstände nicht

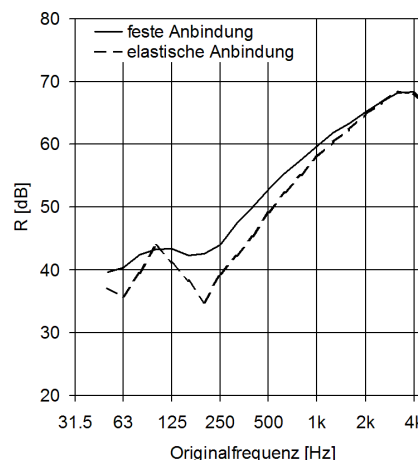
geschlitzt, so dass die Modelle mit Nebenwegen behaftet sind.

Mit den getroffenen Idealisierungen können gezielte Untersuchungen angestellt werden und eine numerische Implementierung zur Simulation am Rechner wird vereinfacht.

## Verifizierung der Modellierung

Es muß sichergestellt werden, dass die Modelle mit den vorgenommenen Vereinfachungen eine ausreichende Abbildung eines realen Wandprüfstands darstellen. Zum Vergleich wurde die Schalldämmung als die maßgebliche Größe in der Bauakustik herangezogen.

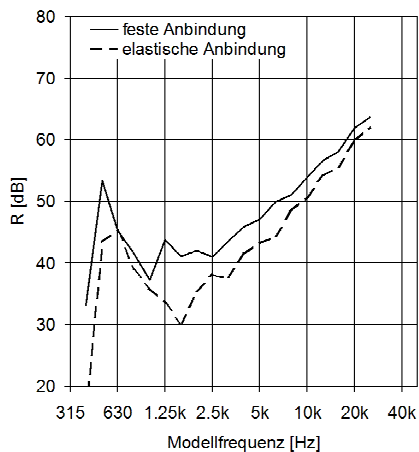
Aus einem Ringversuch, der von der PTB bundesweit durchgeführt wurde, liegen Schalldämmmaße einer Kalksandsteinwand in fester und elastischer Anbindung aus verschiedenen Prüfstellen vor. Die Mittelung über 20 Prüfstellen für den festen Anschluß und 12 Prüfstellen für den elastischen Anschluß ergibt verlässliche Schalldämmkurven der Trennwand in einem durchschnittlichen, genormten Wandprüfstand.



**Abbildung 1:** Schalldämmung einer 26cm dicken Kalksandsteinwand mit fester und elastischer Anbindung. Die Kurven zeigen die Mittelung der Meßwerte an der gleichen Wand aus mehrerer Prüfstellen.

Die elastische Kurve in Abbildung 1 zeigt eine etwas niedrigere Schalldämmung als die Kurve mit fester Anbindung und hat einen steileren Anstieg. Weiterhin tritt im Bereich der Koinzidenz ein typischer Einbruch der Dämmung auf.

Im Modell wurde die Schalldämmung einer 25mm starken Acrylglaswand ebenfalls mit fester (Klebung) und mit elastischer Anbindung (Silikonfuge) bestimmt. Auch die Modellkurven zeigen qualitativ das oben beschriebene



**Abbildung 2:** Schalldämmung einer 25mm dicken Acrylgaswand im Modell mit fester und elastischer Anbindung. Die Kurven zeigen im Modellfrequenzbereich den gleichen Verlauf wie die Kalksandsteinwand in Abbildung 1 im Originalfrequenzbereich.

typische Verhalten (Abbildung 2). Im quantitativen Vergleich kann die durchweg niedrigere Dämmung im Modell zum Großteil durch unterschiedliche flächenbezogene Massen erklärt werden.

Der Vergleich zeigt, dass die Modelle sehr gut einen realen Wandprüfstand abbilden.

## Dämpfungseffekte

Zunächst müssen aus den in einem Prüfstand auftretenden Dämpfungseffekten diejenigen herausgefiltert werden, die Einfluß auf die nach ISO 140 - Teil 3 [2] genormte Messung der Schalldämmung haben.

Die in den Räumen auftretende Absorption in Luft und an Bauteilflächen hält die diffusen Schallfelder im stationären Zustand und ist bereits im Meßprinzip enthalten. Die Suche nach nicht berücksichtigten Dämpfungseffekten kann deshalb auf die Trennwand und den Prüfstand eingeschränkt werden.

## Verlustfaktor-Bilanz einer Trennwand

Faßt man die verschiedenen Dämpfungs- und Dämpfungseffekte an Stoßstellen, wie Reibung und Ableitung, in einem gemeinsamen Stoßstellenverlustfaktor zusammen, so läßt sich für eine Trennwand die Bilanzgleichung aufstellen. Der Gesamtverlust  $\eta_{tot}$  setzt sich zusammen aus der inneren Materialdämpfung  $\eta_{in}$  in der Trennwand, aus der Abstrahlung  $\eta_{str}$  an die umgebende Luft und aus dem summarischen Stoßstellenverlust  $\eta_{stoß}$ :

$$\eta_{tot} = \eta_{in} + \eta_{str} + \eta_{stoß} \quad (1)$$

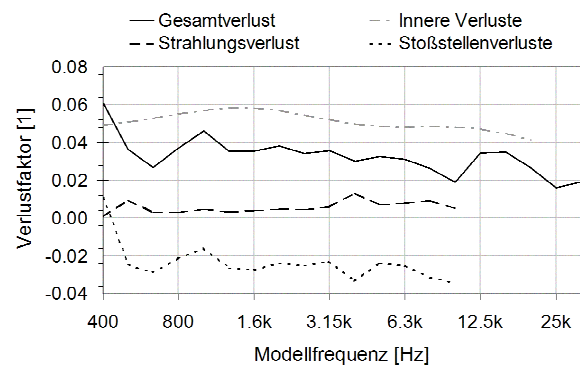
Die inneren Materialverluste ergeben sich aus dem Verhältnis von Verlust- und Speichermodul des Materials. Der Strahlungsverlust kann in einer kombinierten Messung der Intensität vor und des mittleren Schnellepegels auf der Trennwand bestimmt werden. Die Stoßstellenverluste sind meßtechnisch nicht zu erfassen. Jedoch kann der

Gesamtverlustfaktor der Trennwand aus der Körperschall-Nachhallzeit errechnet werden. Der Stoßstellenverlust ergibt sich dann aus der Bilanzgleichung (1) als Differenz der gemessenen Verlustfaktoren.

## Anwendung des Bilanzverfahrens

Nach dem beschriebenen Verfahren wurde die Verlustbilanz im Modell erstellt. Abbildung 3 zeigt die Verlustfaktoren einer 3mm dünnen, fest angebundenen Acrylgaswand.

Da die Koinzidenzfrequenz der Platte bei ca. 10kHz liegt, ist der Abstrahlgrad der Trennwand im Meßbereich kleiner 1 und der Anteil des Strahlungsverlusts gering. Die Differenz aus Gesamtverlust, Strahlungsverlust und innerem Verlust nach Gleichung (1) ergibt einen vornehmlich negativen Verlustfaktor der Stoßstellen.



**Abbildung 3:** Verlustfaktoren einer 3mm dünnen Acrylgaswand. Der Kopplungsverlustfaktor wurde nach (1) aus der Messung der anderen Verlustfaktoren berechnet.

Dieses Ergebnis zeigt, dass die dünne Trennwand nicht, wie in der Bilanzgleichung (1) angenommen, Energie an den Prüfstand abgibt, sondern umgekehrt der Prüfstand Energie in die Trennwand hineinpumpt. Der Vorzeichenwechsel des Verlustfaktors kommt einem Richtungswechsel des Energieflusses gleich.

## Ausblick

Die bisher nur summarisch betrachteten Stoßstellen sollen genauer untersucht werden. Dafür ist eine Unterscheidung in Dämpfungs- und Dämpfungsphänomene nötig. Ziel ist es, die entwickelten Meßmethoden auch an realen Prüfständen und Baumaterialien anzuwenden.

## Danksagung

Der Autor dankt der Deutschen Forschungsgemeinschaft für die finanzielle Unterstützung des Projekts und Herrn Prof. Dr.-Ing. Werner Schöll und Herrn Dr.-Ing. Volker Wittstock für viele anregende Diskussionen.

## Literatur

- [1] ISO 140: "Akustik – Messung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen" - Teil 1: "Anforderungen an Prüfstände mit unterdrückter Flankenübertragung" (1997)
- [2] ISO 140 - Teil 3: "Messung der Luftschalldämmung von Bauteilen in Prüfständen"