IBP MITTEILUNG 170

15 (1988) Neue Forschungsergebnisse, kurz gefaßt

Fraunhofer-Institut für Bauphysik

S. Koch und A. Bührer

Verbesserung der Schalldämmung von Fensterrahmen im mittleren Frequenzbereich

1. Einleitung

Fenster mit Isolierglasscheiben hoher Schalldämmung erreichen häufig nur bewertete Schalldämmaße R_w, die deutlich unter der Schalldämmung der Verglasung allein liegen.

In früheren Untersuchungen des Fraunhofer-Instituts für Bauphysik, Stuttgart [1] wurde festgestellt, daß bei Ausschluß aller denkbaren Nebenwege die Schalldämmung des Rahmens im mittleren Frequenzbereich deutlich geringer ist als die Schalldämmung der Verglasung mit höherer Schalldämmung und dadurch der Einzahlwert der Fensterschalldämmung verschlechtert wird.

Durch Erhöhung der flächenbezogenen Masse des Rahmens und/oder geringere Rahmenbreiten sowie durch die Versteifung der Blendrahmen durch Metallprofile sind Verbesserungen der Schalldämmung erreichbar. Der typische Verlauf der Dämmungskurven jedoch deutet auch auf Resonanzeffekte des Rahmens hin. In einer Diplomarbeit [2] sollte versucht werden, die genaue Ursache der Schalldämmungseinbrüche zu ermitteln und die Rahmen so zu verbessern, daß die hohe Schalldämmung von Isolierverglasungen im mittleren Frequenzbereich auch bei Fenstern zum Tragen kommt.

2. Meßverfahren

Ein funktionsfähiges Fenster mit Isolierverglasung oder einer Blechscheibe hoher Schalldämmung wurde in die Prüföffnung eines Prüfstandes DIN 52 210-P-F eingebaut. Die Untersuchung der Schalldämmung fand einerseits nach DIN 52 210, Teil 1, andererseits nach einer Körperschallmeßmethode statt.

Hierzu wurden mit einem piezoelektrischen Aufnehmer an mehreren Stellen des Blend- und Flügelrahmens die Beschleunigungspegel gemessen und für das jeweilige Bauteil der Mittelwert der lokalen Schnellepegel und das Körperschalldämmaß R_v berechnet. Der für diese Berechnung benötigte frequenzabhängige Abstrahlgrad σ kennzeichnet den Zusammenhang zwischen Körperschallschnelle und abgestrahlter Schalleistung. Neben den Abmessungen und den Materialeigenschaften des Bauteils hängt σ noch sehr stark von der Randeinspannung ab. Oberhalb der Koinzidenz-Grenzfrequenz wird der Abstrahlgrad $\sigma = 1$. Das Körperschalldämmaß wird im folgenden mit diesem Wert berechnet. Es ist zu beachten, daß das tatsächliche Schalldämmaß unterhalb der Grenzfrequenz größer ist als das so berechnete. R_v wurde bei allen Berechnungen auf die Fläche der Prüföffnung bezogen, um dieses mit dem Luftschalldämmaß R vergleichen zu können.

Ferner wurde das Schwingungsverhalten von Fensterrahmen bei punktförmiger, impulsartiger Anregung mit einem FFT-Analysator untersucht.

3. Meßergebnisse

In **Bild 1** ist der frequenzabhängige Verlauf der Luftschalldämmung eines Fensters mit Holzrahmen dargestellt. Darin wird der Anstieg der Schalldämmung nach der bei ca. 125 Hz liegenden Tonpilzresonanz der Verglasung und die dann durch den Einfluß des Rahmens folgende Abflachung der Schalldämmkurve deutlich.

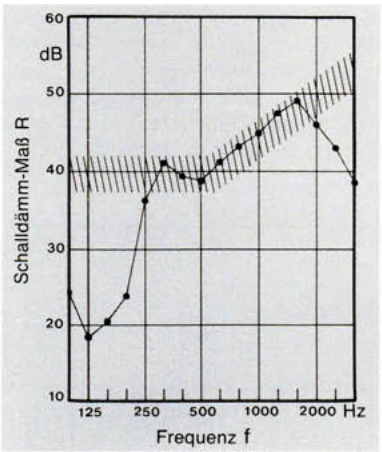

Bild 1:
Luftschalldämmaß R eines Holzrahmens mit Verglasung 6/24/4;
/// Schalldämmung von Fensterrahmen unterschiedlichen Materials, ermittelt nach [1].

Das aus den an je acht Punkten auf dem Blend- und Flügelrahmen gemessenen Beschleunigungspegeln gemittelte Schalldämmaß R_v ist in **Bild 2** als Funktion der Frequenz dargestellt. Die Meßergebnisse deuten auf ein unterschiedliches Schwingungsverhalten bei Blend- und Flügelrahmen hin. Während der Flügelrahmen durch die Verglasung stark beeinflußt wird, erkennbar an einem steileren Anstieg oberhalb der Tonpilzresonanz, die sich auf den Flügel- und sogar den Blendrahmen auswirkt, hat die Körperschalldämmkurve des Blendrahmens den charakteristischen Verlauf eines einschaligen Bauteils. Zum Vergleich ist das Luftschalldämmaß R aus Bild 1 zusätzlich eingetragen. Hier fällt auf, daß die nachteiligen Schalldämmeigenschaften der Verglasung bei der Tonpilzresonanz und der Spuranpassungsfrequenz nur schwach auf den Rahmen übertragen werden.

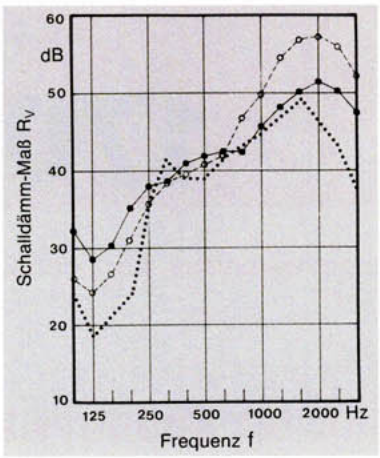

Bild 2:
Körperschalldämmaß R_V des Holzrahmens mit Verglasung 6/24/4;
— Blendrahmen
---- Flügelrahmen
···· R aus Bild 1

Eine grundlegende Frage bleibt noch, ob die Schalldämmungseinbrüche im mittleren Frequenzbereich von dem Einfluß der Spuranpassung und/oder von Biegeschwingungen bei Eigenresonanzen des Rahmens verursacht werden. Zur Ermittlung von Eigenresonanzen des Holzrahmens wurden deshalb an mehreren Meßpunkten auf dem Blend- und Flügelrahmen Frequenzanalysen durchgeführt.

Der Beschleunigungspegel eines auf der langen Seite des Blendrahmens gelegenen Meßpunkts bei nicht gedichteten Randfugen ist in **Bild 3** wiedergegeben. Pegelmaxima sind bei dieser Messung im Frequenzbereich unter 300 Hz zu sehen. Bei diesen Frequenzen wurden auch an weiteren Meßpunkten desselben Rahmenstücks Pegelmaxima festgestellt. Somit liegt nahe, daß diese Pegelmaxima durch Resonanzen freier Biegeschwingungen verursacht werden.

4. Schalldämmung des Rahmens

Wie bereits erwähnt, verläuft die Schalldämmung R_V, abgeleitet aus Körperschallmessungen am Blendrahmen, wie die Luftschalldämmung eines großformatigen, homogenen Bauteils. Dies wird durch die Ergebnisse für die Rahmendämmung unterstützt, die mit der in [1] beschriebenen Methode gewonnen wurden. Die Schalldämmaße von Fensterrahmen unterschiedlichster Bauart folgen dem schraffierten Feld des Bildes 1. Der Koinzidenz-Effekt und nicht die Rahmenresonanzen bei tiefen Frequenzen ist Ursache für die verminderte Schalldämmung im mittleren Frequenzbereich.

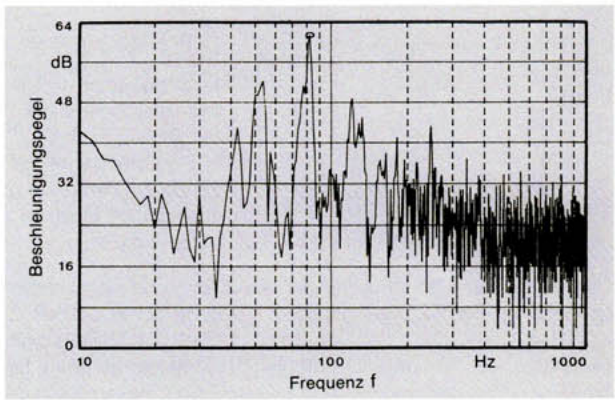

Bild 3: Frequenzanalyse der Beschleunigungspegel, Meßpunkt auf der langen Seite des Blendrahmens

5. Erhöhung der Rahmendämmung durch eine "Vorsatzschale" auf dem Blendrahmen

Die Messungen an einem Holzfenster und an einem Kunststoffenster zeigen, daß, wie in [1] auch schon festgestellt, Maßnahmen zur Verbesserung der Schalldämmung von Holzrahmen am Blendrahmen am wirkungsvollsten sind. Es wurde deshalb untersucht, ob durch eine auf dem Blendrahmen angebrachte zweite Schale mit zwischenliegender federnder Dämmschicht ähnliche Verbesserungen der Schalldämmung erzielt werden wie bei einem großformatigen Bauteil. Als Vorsatzschale wurde ein 2 mm dickes Stahlblech verwendet, die Dämmschicht besaß eine dynamische Steifigkeit von $s' \approx 30$ MN/m³. Die einzelnen Schichten wurden mit einem Kontaktkleber auf den Blendrahmen geklebt. In **Bild 4** ist die Verbesserung gegenüber der unbehandelten Rahmenkonstruktion in Abhängigkeit der Frequenz aufgetragen. Eine deutliche Verbesserung der Schalldämmung ist gerade zwischen 500 und 800 Hz zu sehen, wo die Schallübertragung vom Blendrahmen bestimmt wird.

6. Zusammenfassung

Aufgrund von Untersuchungen an Einfachfenstern mit Holz- und Kunststoffrahmen wurde festgestellt, daß die Einbrüche des Schalldämmaßes R im mittleren Frequenzbereich durch den Koinzidenz-Effekt des Rahmenmaterials verursacht werden. Zwischen 400 Hz und 800 Hz wird die Schallübertragung maßgeblich vom Blendrahmen bestimmt. Der frequenzabhängige Verlauf des Schalldämmaßes R sowie des Abstrahlgrads σ des Blendrahmens ist vergleichbar demjenigen eines großformatigen Bauteils gleicher flächenbezogener Masse.

Resonanzen freier Biegewellen, die zur Erhöhung der auf dem Rahmen gemessenen Beschleunigungspegel führen, konnten nur bei Frequenzen $f < 300$ Hz festgestellt werden, so daß Dämmungseinbrüche bei $f > 300$ Hz nicht von diesen verursacht werden können.

Eine deutliche Verbesserung der Schalldämmung eines Fensterrahmens ist mit einem zweischaligen Aufbau zu erzielen, bei dem auf den Blendrahmen eine Masse mit zwischenliegender Dämmschicht aufgebracht wird. Die Resonanzfrequenz dieses Schwingungssystems sollte nicht höher sein als die Tonpilzresonanz der Verglasung.

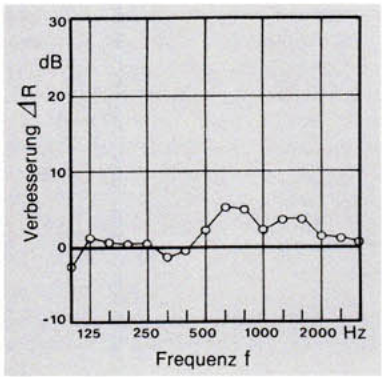

Bild 4:
Holzrahmen mit "Vorsatzschale" und Verglasung; Verbesserung ΔR gegenüber dem unbehandelten Holzrahmen als Funktion der Frequenz.

7. Literatur

[1] Koch, S.; Lakatos, B.; Mechel, F.P. Einfluß des Rahmens auf die Schalldämmung von Fenstern. IBP-Bericht BS 102/84 (1984).

[2] Bührer. A. Untersuchungen zur Verbesserung der Luftschalldämmung von Fensterrahmen im mittleren Frequenzbereich. Diplomarbeit, Fachhochschule für Technik, Stuttgart, 1988, durchgeführt im Fraunhofer-Institut für Bauphysik, Stuttgart, IBP-Bericht BS 179/88.

FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR BAUPHYSIK

7000 Stuttgart 80, Nobelstraße 12, Tel.(0711)6868-00
8150 Holzkirchen (OBB), Postf. 1180, Tel. (08024)643-0

Herstellung und Druck:
IRB Verlag, Informationszentrum RAUM und BAU der Fraunhofer-Gesellschaft, Stuttgart

Nachdruck nur mit schriftlicher Genehmigung des Fraunhofer-Instituts für Bauphysik