

Einheitliches Konzept zur Berücksichtigung des Verlustfaktors bei Messung und Berechnung der Schalldämmung massiver Wände

Heinz-Martin Fischer, Martin Schneider, Steffen Blessing

Fachhochschule Stuttgart/Hochschule für Technik, Schellingstraße 24, 70174 Stuttgart

1 Einführung

Theoretisch und experimentell kann gezeigt werden, dass die aktuelle Schalldämmung eines Bauteils von dessen Gesamtverlustfaktor abhängt. Das europäische Berechnungsmodell für Luftschallübertragung (EN 12354-1 [1]) berücksichtigt diesen Effekt mit Hilfe der sog. In-situ-Korrektur bei der Berechnung des Schallschutzes in Gebäuden. Für die Direktdämmung des Bauteils wird dabei

$$R_{s,itu} = R_{lab} - 10 \lg \frac{T_{s,itu}}{T_{s,lab}} \quad (1)$$

angesetzt ($R_{s,itu}$ und $T_{s,itu}$: korrigiertes Schalldämm-Maß und Körperschall-Nachhallzeit in der aktuellen Gebäudesituation, R_{lab} und $T_{s,lab}$: im Prüflabor vorhandene Schalldämmung und Körperschall-Nachhallzeit). Dadurch werden die im Prüfstand gewonnenen Schalldämm-Maße auf die im realen Gebäude zu erwartenden Schalldämm-Maße transformiert. Bei schweren massiven Bauteilen wird der Gesamtverlustfaktor im wesentlichen von der Energieweiterleitung auf benachbarte Strukturen bestimmt. Es ist deshalb zu erwarten, dass für solche Bauteile bei der Ermittlung der Schalldämmung in Prüfständen die Art der Anbindung des Prüfobjekts an den Prüfstand und die Konstruktion des Prüfstandes selbst eine Rolle spielen werden. Prüfstandsuntersuchungen der letzten Zeit haben bestätigt, dass die Erfassung des Gesamtverlustfaktors wichtige Zusatzinformationen über die Einbausituation des geprüften massiven Bauteils und die Energieweiterleitung auf benachbarte Bauteile liefert. Bei der Messung der Luftschalldämmung massiver Bauteile im Labor wird bislang die Messung des Verlustfaktors nicht verbindlich gefordert, in DIN EN ISO 20 140-3 [2] aber als zusätzliche Messung vorgeschlagen.

2 Änderung der bestehenden Meßnorm?

Für eine schwere Kalksandsteinwand ($m' = 440 \text{ kg/m}^2$) wurde von der PTB mit 12 Prüflabors ein umfangreicher Ringversuch zur Bestimmung der Luftschalldämmung durchgeführt [3]. Die Ergebnisse zeigten eine unerwartet hohe Streuung der R - und R_w -Werte ($R_w = 54 \dots 61 \text{ dB}$). Als herausragendes Ergebnis konnte festgehalten werden, dass die Unterschiede zwischen den Mess-Resultaten der einzelnen Prüfstände deutlich verringert werden konnten, wenn die gemessenen Schalldämm-Maße R_{lab} mit Hilfe des Gesamtverlustfaktors bzw. der Körperschall-Nachhallzeit in R^* umgerechnet wurden:

$$R^* = R_{lab} + 10 \lg \frac{T_{s,lab}}{T_{s,ref}} = R_{lab} - 10 \lg \frac{T_{s,ref}}{T_{s,lab}} \quad (2)$$

($T_{s,ref}$: Bezugswert für die Körperschall-Nachhallzeit).

Mit Hilfe des Referenzwertes werden somit die Meßwerte auf einen einheitlichen Gesamtverlustfaktor und damit auf einheitliche Bedingungen der Energieweiterleitung umgerechnet. Da es diese Korrektur gestattet, bei massiven Bauteilen einen wesentlichen Teil der prüfstandsbedingten Streuungen zu eliminieren und die Vergleichbarkeit von Prüfergebnissen zu verbessern, wurde sie im Januar 2001 von deutscher Seite im Rahmen der europäischen Normung als Änderungsantrag bei der Revision von EN ISO 20 140-3 eingebracht.

Im Vergleich zur derzeitigen EN ISO 20 140-3 führt die vorgeschlagene Vorgehensweise zu einem anderen Verständnis der gemessenen Schalldämmung, da nun die individuellen baulichen Eigenschaften der Prüfstände mitberücksichtigt werden

können. Desweiteren ist durch Vergleich der Gleichungen (1) und (2) ein unmittelbarer Zusammenhang der vorgeschla-

genen Prozedur mit der Vorgehensweise in den CEN-Rechenverfahren zu erkennen.

3 Körperschall-Nachhallzeiten unter Baubedingungen

An der Fachhochschule Stuttgart fanden im Auftrag der Mauerwerksindustrie umfangreiche Untersuchungen statt, die sich mit der Verifizierung der CEN-Rechenverfahren unter den Bedingungen des Massivbaus beschäftigen [4,5,6]. Im Rahmen dieser Untersuchungen konnten zahlreiche Messungen in ausgeführten Gebäuden durchgeführt werden. Gemessen wurde, nachdem Wände und Decken verputzt und die schwimmenden Estriche verlegt waren. Ein Hauptaspekt der Untersuchungen war die Bestimmung der Körperschall-Nachhallzeiten von Bauteilen unter realen Einbaubedingungen. Etwa 210 verschiedene Bauteile (Wände und Decken) in üblichen Massivbauten konnten für die Erfassung der Körperschall-Nachhallzeiten herangezogen werden. Die untersuchten Materialien waren Beton, Kalksandstein, Bims, Leichtbeton und Porenbeton. Die flächenbezogene Masse der Bauteile lag zwischen 63 und 486 kg/m^2 . Alle Bauteile hatten eine Fläche von mindestens 5 m^2 und waren starr mit den benachbarten Bauteilen verbunden.

Unter Berücksichtigung aller T_s -Messungen kann gezeigt werden, dass die Übereinstimmung zwischen den nach EN 12354-1 (Anhang C) für das Detaillierte Modell berechneten und den gemessenen Körperschall-Nachhallzeiten nicht sonderlich gut ist. Das folgende Bild zeigt den Unterschied zwischen gemessenen und berechneten Verlustfaktoren, die sich unmittelbar aus den Körperschall-Nachhallzeiten ergeben.

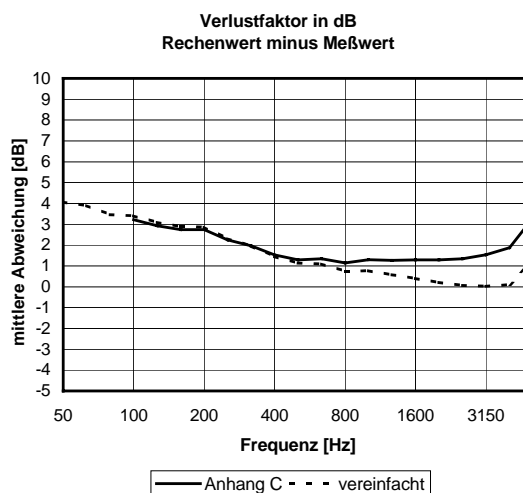


Bild 1

Zusätzlich ist die Differenz zwischen Messwerten und solchen berechneten Werten dargestellt, die sich aus einer Näherung für das Vereinfachte Modell (Absorptionslänge der Bauteile zahlenmäßig gleich der Bauteilfläche) ergeben. Die Differenz zwischen gemessenen und berechneten Werten wurde für jedes Element separat ermittelt. Die angegebenen Kurven stellen den Mittelwert aller ermittelten Differenzen dar. Im Frequenzbereich 100...3150 Hz beträgt die mittlere Abweichung zwischen Messung und Rechnung 1,83 dB für das Detaillierte

und 1,44 dB für das Vereinfachte Modell. Die mittlere Standardabweichung im selben Frequenzbereich beträgt 2,82 dB für das Detaillierte und 2,44 dB für das Vereinfachte Modell. Eine genauere Betrachtung der Untersuchungsergebnisse zeigt, dass sich die gemessenen Verlustfaktoren bei allen untersuchten Objekten und Gebäuden überraschend wenig unterscheiden (siehe Bild 1 in [4]). Der Streubereich ist geringer, als es auf Grund der Berechnungen zu erwarten wäre. Es liegt daher nahe, für den Verlustfaktor massiver Bauteile als ausreichend repräsentativen Wert den Mittelwert über alle Objekte und Gebäude anzugeben (Bild 2).

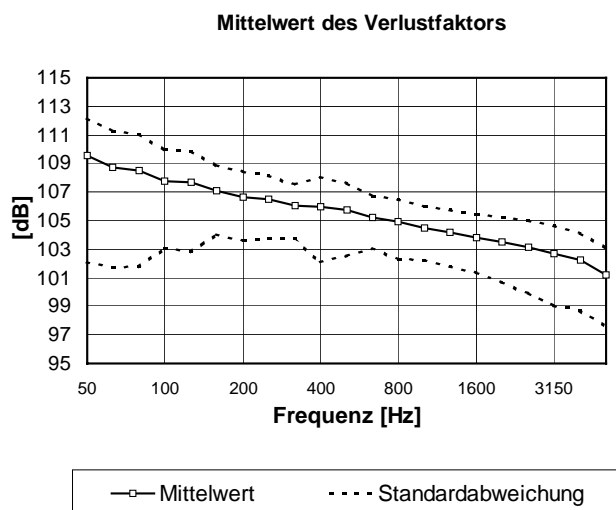


Bild 2

Über eine Regression kann dieser Mittelwert durch

$$10 \lg \eta = -12,4 - 3,3 \lg(f/100) \quad (3)$$

dargestellt werden. Da die ausgesprochen aufwändige Berechnung der In-situ-Verlustfaktoren nach Anhang C des CEN-Berechnungsverfahrens offensichtlich nicht zu einer zufriedenstellenden Übereinstimmung mit der realen Situation führt, wird stattdessen vorgeschlagen, die Berechnung der zu erwartenden Verlustfaktoren mit Gl. (3) vorzunehmen. Obwohl die genannte Beziehung aus dem Mittelwert aller untersuchten Bauteile gewonnen wurde, führt dies zu einer besseren Übereinstimmung zwischen gemessenen und berechneten Verlustfaktoren (siehe Bild 3).

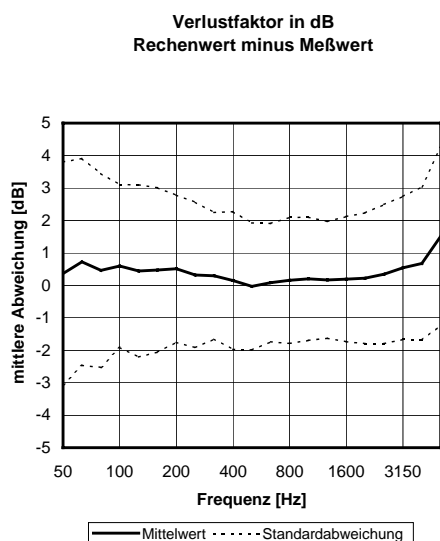


Bild 3

Im Frequenzbereich 100 ...3150 Hz ist nun die mittlere Abweichung zwischen gerechneten und gemessenen Werten mit 0,29 dB (statt wie in Bild 1 mit 1,83 dB) erkennbar kleiner geworden (größere Abweichungen bei hohen Frequenzen

wurden durch meßtechnische Probleme verursacht). Auch die mittlere Standardabweichung hat mit 2,12 dB statt zuvor 2,82 dB abgenommen. Die vorgeschlagene Methode erlaubt demnach trotz erheblicher Vereinfachungen gegenüber der in EN 12354 vorgesehenen Methode eine präzisere Bestimmung des In-situ-Verlustfaktors. In [5] wird bei der Verifizierung des CEN-Rechenverfahrens auf diesen Vorschlag zurückgegriffen.

4 Zusammenhang zwischen Schalldämm-Messungen und Berechnungen

Bei der gemäß Gl. (2) vorgeschlagenen Korrektur der Prüfstandswerte ist bislang zum Referenzwert $T_{s,ref}$ noch nichts gesagt worden. Wenn dieser jedoch über den in Gl. (3) ermittelten repräsentativen Wert definiert wird, kann

$$T_{s,ref} = T_{s,situ} \quad (4)$$

gesetzt werden und der Vergleich von Gl.(1) und (2) ergibt

$$R^* = R_{situ} \quad (5)$$

R^* als Endresultat einer Prüfstandsmessung ist dann eine vernünftige Annäherung an diejenige Schalldämmung, die das selbe Bauteil unter üblichen Massivbauverhältnissen im Bau erreichen würde. Dadurch bekommen die Prüfstandsergebnisse ohne zusätzlichen Aufwand einen direkten Bezug zum Verhalten im realen Gebäude. R^* bzw. R_w^* beschreibt damit die Schalldämmung unabhängig von den energetischen Bedingungen eines bestimmten Prüfstandes, aber charakteristisch für das Element unter realen (Massivbau)-Bedingungen. Zusätzlich muß in den meisten Fällen bei den Berechnungen nach EN 12354 keine spezielle In-situ-Korrektur mehr durchgeführt werden, da diese bereits im korrigierten Prüfstandswert enthalten ist. Für übliche Massivbauverhältnisse dürfte dies (bei größerer Genauigkeit als mit der berechneten In-situ-Korrektur des Anhangs C) hinreichend sein.

5 Zusammenfassung

Werden die in Prüfständen ermittelten Schalldämm-Maße massiver Bauteile mit Hilfe des Gesamtverlustfaktors korrigiert, kann die Vergleichbarkeit zwischen den Ergebnissen unterschiedlicher Prüfstände deutlich erhöht werden. Untersuchungen in Massivbauten führen zu einer überraschend einfachen aber genauen Beschreibung des In-situ-Verlustfaktors. Damit kann die Berechnung der im Rechenverfahren nach EN 12354-1 geforderten In-situ-Korrektur bei höherer Genauigkeit als nach Anhang C wesentlich vereinfacht werden. Wenn das Schalldämm-Maß massiver Bauteile sowohl im Prüfstand wie in der Berechnung nach EN 12354 auf denselben Verlustfaktor bezogen wird, kann ein direkter Zusammenhang zwischen Meßverfahren und Berechnungsmodell hergestellt werden. Dadurch kann der Messung der Schalldämmung im Prüfstand und deren Berechnung für Gebäude erstmalig innerhalb der Normungein einheitliches Konzept zugrunde gelegt werden.

6 Literatur

- [1] EN 12354-1: Building Acoustics – estimation of acoustic performance of buildings from the performance of elements; part 1: Airborne sound insulation between rooms
- [2] (DIN) EN ISO 20 140-3: Messung der Luftschalldämmung von Bauteilen in Prüfständen
- [3] Schmitz, A. et al: Inter-laboratory test of sound insulation measurements on heavy walls, part I and II, Journal of Building Acoustics 1999 (6)
- [4] Späh, M. et al: Verifizierung des Rechenverfahrens für die Luftschalldämmung nach EN 12354-1 für den Massivbau; Teil 1: Einfluß von Eingangsgrößen; DAGA 2001 Hamburg
- [5] Blessing, S. et al: Verifizierung des Rechenverfahrens für die Luftschalldämmung nach EN 12354-1 für den Massivbau; Teil 2: Erreichbare Genauigkeit; DAGA 2001 Hamburg
- [6] Schneider, M.: Messung und Berechnung der Körperschall-Nachhallzeit im Massivbau; DAGA 1998 Zürich