

# Berücksichtigung von Vorsatzschalen bei der Berechnung der Luftschalldämmung nach EN 12354-1: Vergleich des detaillierten und vereinfachten Verfahrens

Berndt Zeitler<sup>1</sup>, Christoph Höller<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Hochschule für Technik Stuttgart, Email: berndt.zeitler@hft-stuttgart.de

<sup>2</sup> National Research Council Canada, Ottawa, Email: christoph.hoeller@nrc-cnrc.gc.ca

## Einleitung

Im aktuellen kanadischen National Building Code (Ausgabe Dezember 2015) wird erstmals das Prognoseverfahren nach EN 12354-1 [1] zur Berechnung der Luftschalldämmung zwischen Räumen in Gebäuden verwendet. Genauer gesagt wird auf die internationale Norm ISO 15712-1 [2] verwiesen, die eine exakte Kopie der EN 12354-1 darstellt. Da in Kanada die Kenngrößen der American Society for Testing and Materials (ASTM) und nicht die der International Organization for Standardization (ISO) maßgeblich sind, wurde die Anwendbarkeit des Prognoseverfahrens mit ASTM-Kenngrößen überprüft. Dazu wurde die Luftschalldämmung nach dem detaillierten (frequenzabhängig) und dem vereinfachten (Rechnung mit Einzahlwerten) Verfahren in der EN 12354-1 berechnet und miteinander verglichen. Dabei wurde entgegen den Erwartungen festgestellt, dass das vereinfachte Verfahren in vielen Fällen höhere Schalldämm-Maße lieferte als das detaillierte Verfahren. Dies war unabhängig davon, ob ASTM- oder ISO-Kenngrößen als Eingangsdaten verwendet wurden. Der Grund für diesen überraschenden Befund ist, dass die Verbesserung durch Vorsatzschalen in der Berechnung nach dem vereinfachten Verfahren zu hoch angesetzt wird. Als Konsequenz wurde für Kanada eine Modifizierung des vereinfachten Verfahrens vorgeschlagen.

Obwohl die Motivation dieser Untersuchungen durch die Fragestellung der Anwendbarkeit des Rechenverfahrens mit ASTM-Kenngrößen geprägt wurde, wird in diesem Beitrag auch auf die Auswirkungen auf die ISO-Kenngrößen eingegangen. Es werden Berechnungen des direkten Luftschalldämm-Maßes präsentiert, und zwar für Wände ohne Vorsatzschalen und mit Vorsatzschalen auf einer oder auf beiden Seiten. Die Ergebnisse für die entsprechenden Flankendämm-Maße waren sehr ähnlich, aber werden hier nicht vorgestellt.

## Grundlagen

Um den Vergleich zwischen detailliertem und vereinfachtem Verfahren besser interpretieren zu können, werden in diesem Abschnitt die EN 12354, die Berechnung des Verbesserungsmaßes, und die Unterschiede der ISO- und ASTM-Kenngrößen kurz erläutert.

## EN 12354

Eine Kernaussage der EN 12354 ist, dass alle Übertragungswegen voneinander unabhängig sind, und dass die Gesamtübertragung mittels energetischer

Aufsummierung der einzelnen Übertragungswege berechnet werden kann. Ferner besagt die EN 12354, dass auch die einzelnen Übertragungswege aus voneinander unabhängigen Komponenten bestehen. Eine dieser Komponenten ist das durch Vorsatzschalen hervorgerufene Luftschallverbesserungsmaß  $\Delta R$ .

## Luftschallverbesserungsmaß

Das Luftschallverbesserungsmaß lässt sich durch Messungen im Labor nach ISO 10140-2 [3] einfach bestimmen. Wie der Name schon andeutet, ist es die Differenz des Luftschalldämm-Maßes eines Gebäudeteils mit und ohne Vorsatzkonstruktion (z.B. einer Vorsatzschale).

Die Berechnung des bewerteten Luftschallverbesserungsmaßes,  $\Delta R_w$ , nach ISO 717-1 [4] gliedert sich in die folgenden Schritte: Als erstes wird zu der Bezugskurve B.1 aus der ISO 10140-5 das gemessene  $\Delta R$  addiert. Daraufhin werden von der resultierenden Kurve und von der Bezugskurve B.1 die bewerteten Luftschalldämm-Maße bestimmt, gemäß dem bekannten Verfahren aus der ISO 717-1. Das bewertete Luftschallverbesserungsmaß,  $\Delta R_w$ , wird schließlich als die Differenz dieser beiden Einzahl-Werte bestimmt.

## ISO und ASTM Kenngrößen

Zwischen dem nach ISO 10140-1 [3] gemessenen Schalldämm-Maß,  $R$ , und dem nach ASTM E90 [5] gemessenen Transmission Loss,  $TL$ , gibt es keine nennenswerten Unterschiede. Das  $R$  kann dem  $TL$  gleichgestellt werden. Zwischen den dazugehörigen Einzahl-Werten, nämlich dem bewerteten Schalldämm-Maß  $R_w$  nach ISO 717-1 [4] sowie der Sound Transmission Class  $STC$  nach ASTM E413 [6], gibt es jedoch einige Unterschiede. Während für die Berechnung von  $R_w$  der Frequenzbereich von 100 Hz bis 3150 Hz verwendet wird, wird zur Berechnung des  $STC$  Wertes der Bereich von 125 Hz bis 4000 Hz benutzt. Die Bezugskurve ist aber in dem sich überschneidenden Frequenzbereich bei beiden Normen gleich. Die Summe der ungünstigen Abweichungen ist bei beiden Berechnungsverfahren auf 32 dB beschränkt, jedoch ist beim  $STC$  pro Terzband zusätzlich nur eine maximal ungünstige Abweichung von 8 dB erlaubt. Trotz dieser Unterschiede in der Berechnung unterscheiden sich die Werte von  $STC$  und  $R_w$  erfahrungsgemäß kaum mehr als 1-2 dB.

### Anwendung von $\Delta R$ und $\Delta R_w$

Zur Bestimmung der Schalldämmung eines Übertragungsweges mit Vorsatzschalen wird zunächst das Schalldämm-Maß ohne Vorsatzschale bestimmt.

Beim detaillierten Verfahren wird dann das Luftschallverbesserungsmaß im Senderaum ( $\Delta R_i$ ) und im Empfangsraum ( $\Delta R_j$ ) dazu addiert.

Beim vereinfachten Verfahren sieht die Berechnung des bewerteten Luftschallschalldämm-Maßes sehr ähnlich aus, jedoch werden nicht die bewerteten Luftschallverbesserungsmaße im Sende- und Empfangsraum einzeln dazu addiert, sondern der größere der beiden wird ein-fach gezählt und der kleinere der beiden wird halb-fach gezählt:  $\Delta R_{ij,w} = \max(\Delta R_{i,w}, \Delta R_{j,w}) + 0.5 \min(\Delta R_{i,w}, \Delta R_{j,w})$ .  $\Delta R_{ij,w}$  wird dann zum Luftschalldämm-Maß der Wand dazuaddiert. Diese Berechnungsvorschrift wird verwendet, um eine Überschätzung der Schalldämmung durch das vereinfachte Verfahren zu vermeiden.

### Messungen

In einem Projekt am National Research Council Canada wurde das Luftschallverbesserungsmaß  $\Delta R$  und das bewertete  $\Delta R_w$  sowie die korrespondierenden ASTM-Kenngrößen  $\Delta TL$  und  $\Delta STC$  von etwa 20 Vorsatzschalen mit sehr unterschiedlichen Eigenschaften durch Messungen bestimmt. Zu den Vorsatzschalen mit sehr geringem  $\Delta R$  gehörten zum Beispiel eine direkt verschraubte 16 mm Gipskartonplatte, oder eine 16 mm Gipskartonplatte auf 38 mm tiefer Holzlattung ohne Faserdämmstoff (beschrieben als WFUR38\_G16). Im Gegensatz dazu gehörten zu den besten Vorsatzschalen z.B. ein 92 mm tiefes Stahlständerwerk mit Faserdämmstoff und zwei Lagen 16 mm Gipskartonplatten. Eine genauere Beschreibung der untersuchten Vorsatzschalen befindet sich im NRC Research Report RR-334, *Apparent sound insulation in concrete block buildings* [7], sowie im Tagungsbeitrag *Comparison of the Detailed and Simplified Methods to Calculate the Apparent Sound Transmission Class for the Proposed 2015 National Building Code of Canada* [8].

Neben den Luftschallverbesserungsmaßen der verschiedenen Vorsatzschalen wurden auch das Luftschalldämm-Maß  $R$  ( $TL$ ) und das bewertete  $R_w$  ( $STC$ ) einer 190 mm dicken Mauerwerkwand mit 47% Lochanteil und einer flächenbezogenen Masse von  $240 \text{ kg/m}^2$  nach den üblichen ISO- und ASTM-Normen im Labor bestimmt.

### Ergebnisse

Das Schalldämm-Maß  $R$  und das bewertete  $R_w$  sowie die zugehörigen ASTM-Kenngrößen ( $STC$  &  $TL$ ) wurden nach dem vereinfachten und nach dem detaillierten Verfahren der EN 12354-1 für die oben beschriebene 190 mm Wand bestimmt, indem einseitig und zweiseitig die Verbesserungsmaße der Vorsatzschalen rechnerisch dazu addiert wurden. Die Differenzen der Werte für die ISO- und ASTM-Kenngrößen für einseitig und zweiseitig angebrachte Vorsatzschalen wurden berechnet ( $\Delta M =$  Ver-

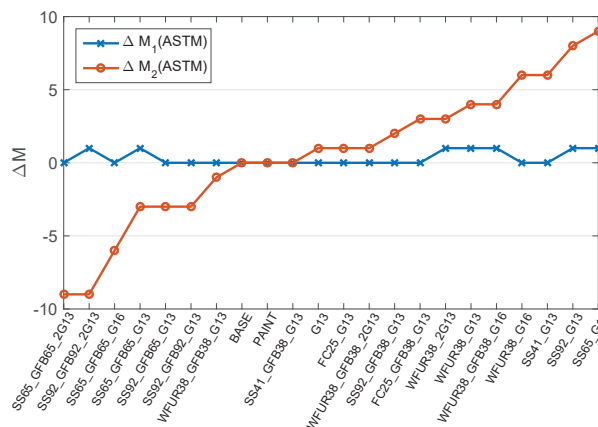
einfacht - Detailliert) und miteinander verglichen. Tabelle 1 zeigt eine Übersicht der im Folgenden betrachteten Parameter.

**Tabelle 1:** Nomenklatur der Methoden

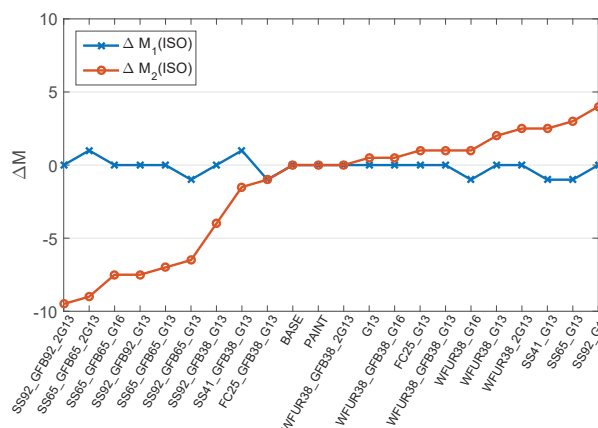
	einseitig	zweiseitig
ISO	$\Delta M_1(ISO)$	$\Delta M_2(ISO)$
ASTM	$\Delta M_1(ASTM)$	$\Delta M_2(ASTM)$

Für Wände mit Vorsatzschale auf nur einer Seite waren sowohl für die ASTM- als auch für die ISO-Kenngrößen  $\Delta M \approx 0$ . Dies bedeutet, dass das vereinfachte und das detaillierte Verfahren die gleichen Ergebnisse lieferten.

Im Gegensatz dazu fanden sich für Wände mit Vorsatzschalen auf beiden Seiten grössere Abweichungen zwischen dem vereinfachten und dem detaillierten Verfahren, und zwar sowohl wenn ASTM- als auch wenn ISO-Kenngrößen verwendet wurden. Die Abbildungen 1 und 2 zeigen eine grafische Übersicht der Ergebnisse.



**Abbildung 1:** Unterschied  $\Delta M$  für ASTM Kenngrößen



**Abbildung 2:** Unterschied  $\Delta M$  für ISO Kenngrößen

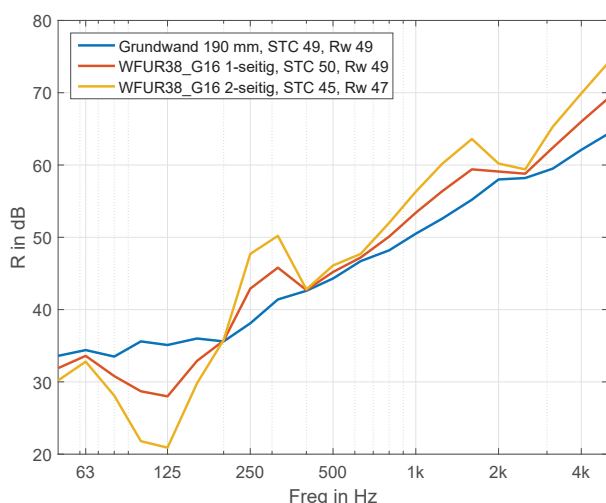
Für die ASTM-Kenngrößen war die Differenz zwischen vereinfachtem und detailliertem Verfahren bei etwa der Hälfte der Vorsatzschalen größer als Null und bei der anderen Hälfte kleiner als Null. Dies bedeutet, dass das vereinfachte Verfahren in der Hälfte der Fälle das bewertete Luftschalldämm-Maß zu hoch ansetzt, obwohl die

oben beschriebene Berechnungsvorschrift genau dies verhindern soll.  $\Delta M_2(STC)$  reicht von etwa -10 dB bis etwa +10 dB.

Bei den ISO-Kenngrößen ist dieses Phänomen auch vorhanden, aber nicht so stark ausgeprägt.  $\Delta M_2(ISO)$  reicht von -10 dB bis etwa +4 dB. Außerdem tritt  $\Delta M_2(ISO) > 0$  bei nur einem Drittel der Fälle auf.

Ursache für das Überschätzen des vereinfachten Verfahrens ist, dass die Verbesserung durch die Vorsatzschalen im vereinfachten Verfahren in vielen Fällen zu hoch angesetzt wird, trotz der oben beschriebenen konservativen Berechnungsvorschrift. Die größten Unterschiede zwischen dem detaillierten und dem vereinfachten Verfahren ergeben sich, wenn nur schwach verbessernde Vorsatzschalen verwendet werden.

In Abbildung 3 wird das Schalldämm-Maß für drei Fälle dargestellt: für eine 190 mm dicke Mauerwerkwand ohne Vorsatzschale, für die gleiche Wand mit 38 mm Holzlatung und einer 16 mm dicken Gipskartonplatte auf einer Seite, und für die gleiche Wand mit dieser Vorsatzschale auf beiden Seiten.



**Abbildung 3:** Luftschalldämm-Maß der 190 mm Mauerwerkwand, ohne Vorsatzschale und mit Vorsatzschale (WFUR38\_G16) auf einer und auf beiden Seiten

Das bewertete Schalldämm-Maß  $R_w$  der Wand ohne Vorsatzschale liegt bei 49 dB. Durch das Anbringen der Vorsatzschale auf einer Seite bleibt  $R_w$  unverändert, unabhängig vom verwendeten Berechnungsverfahren. Es ist allerdings in Abbildung 3 deutlich zu sehen, dass es bei etwa 125 Hz einen Einbruch im Schalldämm-Maß gibt, der durch die Resonanz des hinzugeschalteten Mass-Feder-Systems (Gipskarton-Luftsteifigkeit) eingeführt wird. Da sich das bewertete Schalldämm-Maß der Wand aber nicht ändert, ist in diesem Fall auch das Luftschallverbesserungsmaß  $\Delta R_w$  der Vorsatzschale gleich Null. Daraus folgt, dass die Schalldämm-Maße nach der detaillierten Methode und nach der vereinfachten Methode gleich sind ( $R_w = 49$  dB).

Wird jedoch die gleiche Vorsatzschale zusätzlich auf der anderen Seite angebracht, fällt  $R_w$  nach dem detaillierten

Verfahren auf  $R_w = 47$  dB. Nach dem vereinfachten Verfahren bleibt das Schalldämm-Maß jedoch unverändert (da  $49 + \max(0,0) + 0.5 \cdot \min(0,0) = 49$ ). Das heißt, dass das vereinfachte Verfahren einen 2 dB höheren Wert prognostiziert als das detaillierte Verfahren.

Dieses Phänomen ist beim Rechnen mit  $STC$  Werten noch stärker ausgeprägt. Mit Vorsatzschale auf nur einer Seite steigen das Luftschalldämm-Maß beim  $STC$  (detailliert) sowie das Luftschallverbesserungsmaß (vereinfacht) sogar um einen Punkt. Aber wenn zusätzlich die zweite Vorsatzschale auf der anderen Seite angebracht wird, fällt der  $STC$  Wert um 5 Punkte auf 45. Der Wert fällt so tief, weil die Regel dass ungünstige Abweichungen in einem Terzband maximal 8 dB betragen dürfen eintritt. Das vereinfachte Verfahren liefert dadurch mit 51 ( $49 + \max(1,1) + 0.5 \cdot \min(1,1) = 51$ ) einen um 7 Punkte höheren  $STC$  Wert als das detaillierte Verfahren.

Als Konsequenz aus diesen Untersuchungen wurde für Kanada eine Modifizierung des vereinfachten Verfahrens vorgeschlagen, speziell zur Bestimmung des zu verwendenden Luftschallverbesserungsmaßes.

## Modifizierte Methode

Da das detaillierte Verfahren mit Messungen besser übereinstimmt, wurde die gerade durch das vereinfachte Verfahren gezeigte Überschätzung durch eine Modifizierung des Berechnungsverfahrens für Vorsatzschalen reduziert.

Im modifizierten Verfahren wird das Luftschallverbesserungsmaß wie zuvor nach der ISO 10140-5 mit der Vorsatzschale auf einer Seite  $\Delta R_{w1-Seite}$  berechnet. Zusätzlich wird das Luftschallverbesserungsmaß mit der Vorsatzschale auf beiden Seiten  $\Delta R_{w2-Seiten}$  berechnet. Der kleinere Wert von  $\Delta R_{w1-Seite}$  und ( $\Delta R_{w2-Seiten}/1.5$ ) wird dann als neues  $\Delta R_w$  verwendet. Daraus ergeben sich deutlich weniger Fälle in denen das vereinfachte Verfahren höhere Luftschallverbesserungsmaße ergibt als das detaillierte Verfahren. Dazu sollte aber gesagt werden, dass durch die modifizierte Berechnung bei den gut funktionierenden Vorsatzschalen das vereinfachte Modell immer noch deutlich niedrigere Schalldämm-Maße prognostiziert. Abbildung 4 zeigt die Ergebnisse für das modifizierte Verfahren.

## Zusammenfassung und Ausblick

In einer groß angelegten Mess-Studie mit etwa 20 Vorsatzschalen wurde festgestellt, dass das vereinfachte Verfahren nach EN 12354-1 zur Berechnung des Schalldämm-Maßes in vielen Fällen höhere Werte liefert als das detaillierte Verfahren. Dies ist insbesondere der Fall für Vorsatzschalen mit geringem Verbesserungsmaß, die auf beiden Seiten der Wand angebracht werden. Da das detaillierte Verfahren genauer ist, würde in diesen Fällen das vereinfachte Verfahren zur Überschätzung des tatsächlichen Schalldämm-Maßes führen.

Wenn ASTM-Kenngrößen verwendet werden, sind die Unterschiede zwischen vereinfachtem und detailliertem

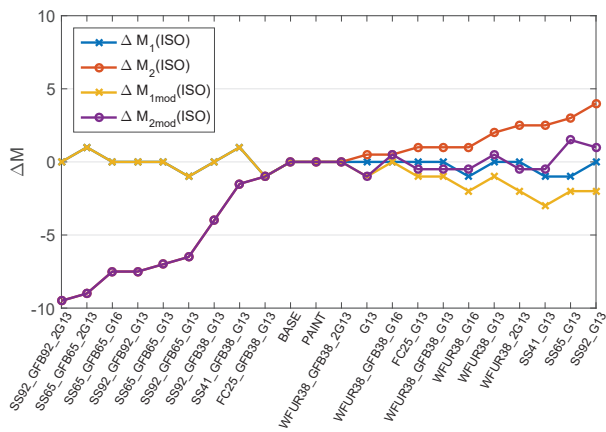


Abbildung 4: Unterschied  $\Delta M$  für ISO-Kenngrößen ohne Modifizierung und mit Modifizierung

Verfahren deutlich größer als für ISO-Kenngrößen. Für den Einsatz in Kanada wurde daher ein modifiziertes Verfahren zur Berechnung des bewerteten Luftschallverbesserungsmaßes für Vorsatzschalen mittels Einzahlwerten eingeführt.

Die Untersuchung welchen Einfluss das Anbringen von verschiedenen Vorsatzschalen auf den zwei Seiten der Wand hat steht noch aus. Weiterhin wäre es wünschenswert, das modifizierte Verfahren noch weiter zu verbessern, so dass die Ergebnisse möglichst gut mit dem detaillierten Verfahren übereinstimmen. Dies würde am erfolgreichsten im Zusammenhang mit einer Änderung der EN 12354 geschehen können.

## Danksagung

Die Autoren bedanken sich bei der Canadian Concrete Masonry Producers Association (CCMPA) für die finanzielle Unterstützung.

## Literatur

- [1] EN 12354 – Building acoustics – Estimation of acoustic performance of buildings from the performance of elements – Part 1: Airborne sound insulation between rooms, 2000.
- [2] ISO 15712 – Building acoustics – Estimation of acoustic performance of buildings from the performance of elements – Part 1: Airborne sound insulation between rooms, International Standards Organization, Geneva, Switzerland, 2005.
- [3] ISO 10140 – Acoustics – Laboratory measurement of sound insulation of building elements – Part 2: Measurement of airborne sound insulation, International Standards Organization, Geneva, Switzerland.
- [4] ISO 717 – Acoustics – Rating of sound insulation in buildings and of building elements — Part 1: Airborne sound insulation, International Standards Organization, Geneva, Switzerland. 2013.
- [5] ASTM E90 – Standard Test Method for Laboratory Measurement of Airborne Sound Transmission Loss

of Building Partitions and Elements, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2009.

- [6] ASTM E413 – Classification for Rating Sound Insulation, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2010.
- [7] Zeitler, B.; Quirt, D.; Schoenwald, S.; Mahn, J.; Apparent sound insulation in concrete block buildings, Report RR-334, National Research Council Canada, Ottawa, Canada, 2013.
- [8] Zeitler, B.; Mahn, J.; Quirt, D.: Comparison of the Detailed and Simplified Methods to Calculate the Apparent Sound Transmission Class for the Proposed 2015 National Building Code of Canada, Proceedings of Inter-Noise 2015, San Francisco, USA, August 2015.