

Grenzen und Möglichkeiten der Anwendung des Intensitätsverfahren in der Praxis

Elmar Schröder

Müller-BBM GmbH, 82152 Planegg, Deutschland, Email: ESchroeder@MuellerBBM.de

Einleitung

In den vergangenen drei Jahren wurden drei Normen veröffentlicht [1], in denen erstmalig Verfahren zur Anwendung der Intensitätsmesstechnik für bauakustische Messungen standardisiert sind. Die Normen decken sowohl Messungen in Prüfständen als auch am Bau ab. An ausgewählten Beispielen wird über die Anwendung des Intensitätsverfahrens im Prüfstand und am Bau berichtet.

Messverfahren

Zur Bestimmung des Intensitäts-Schalldämm-Maßes wird im Senderaum der mittlere Schalldruckpegel im Diffusfeld bestimmt. Der Senderaum sollte daher ebenso wie bei dem klassischen Hallraum-Hallraum-Verfahren zur Bestimmung der Schalldämmung ein möglichst diffuses Schallfeld aufweisen. Aus dem Schalldruckpegel im Senderaum L_{p1} und der Größe der Bauteilfläche S wird unter Berücksichtigung der Einfallswinkelverteilung die auf die Prüffläche auftreffende Schalleistung ermittelt.

Im Empfangsraum wird eine das Bauteil vollständig einhüllende Gesamtfläche gewählt, die als Messfläche S_m bezeichnet wird. Auf dieser Messfläche wird der mittlere Pegel der Intensitäts-Normalkomponente L_{in} ermittelt. Aus diesem Pegel und der Größe der Messfläche wird die vom Bauteil abgestrahlte Schalleistung bestimmt. Der Empfangsraum sollte möglichst bedämpft sein, um geeignete Messbedingungen zu erhalten.

Die Differenz aus auftreffender und abgestrahlter Schalleistung ist das Intensitäts-Schalldämm-Maß R_I :

$$R_I = [L_{p1} + 10 \log(S/4)] - [L_{in} + 10 \log(S_m)] \quad (1)$$

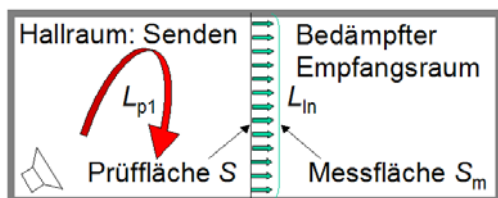


Abbildung 1: Messverfahren zur Bestimmung des Intensitäts-Schalldämm-Maßes

Die Einzelheiten des Messverfahrens für Prüfungen am Bau und im Prüfstand können der Normenreihe ISO 15186 [1] entnommen werden.

Fallbeispiele

Bauteile mit sehr geringer Schalldämmung

Im vorliegenden Fall wurde eine Folie mit einer flächenbezogenen Masse von $1,44 \text{ kg/m}^2$ untersucht. Es ergaben sich zwischen dem klassischen Hallraum-Hallraum-Verfahren und dem Intensitätsverfahren Abweichungen, die im folgenden erklärt werden.

Bei dem klassischen Hallraum-Hallraum-Verfahren wird der mittlere Schalldruckpegel im Diffusfeld des Senderraums L_1 und des Empfangsraums L_2 ermittelt. Zur Bestimmung der vom Bauteil abgestrahlten Schalleistung wird zusätzlich im Empfangsraum die Nachhallzeit T_2 gemessen und unter Berücksichtigung des Empfangsraumvolumens V_2 die Absorptionsfläche A_2 berechnet:

$$A_2 = 0,16 \cdot V_2 / T_2 \quad [\text{m}^2] \quad (2)$$

Bei der Messung der Nachhallzeit im Empfangsraum von Bauteilen mit sehr geringer Schalldämmung wird der Senderaum angekoppelt. Die durch die geringe Schalldämmung gegebene große Absorptionsfläche A , die das trennende Bauteil aufweist, wird dadurch nicht richtig erfasst. Unter Vernachlässigung der Dissipation im trennenden Bauteil, was bei der untersuchten Folie gerechtfertigt ist, kann die Absorptionsfläche wie folgt angenähert werden: $A = \tau \cdot S$, wobei τ der Transmissionsgrad ist. Damit kann unter Berücksichtigung der Theorie gekoppelter Räume das Schalldämm-Maß korrigiert werden (Abbildung 2).

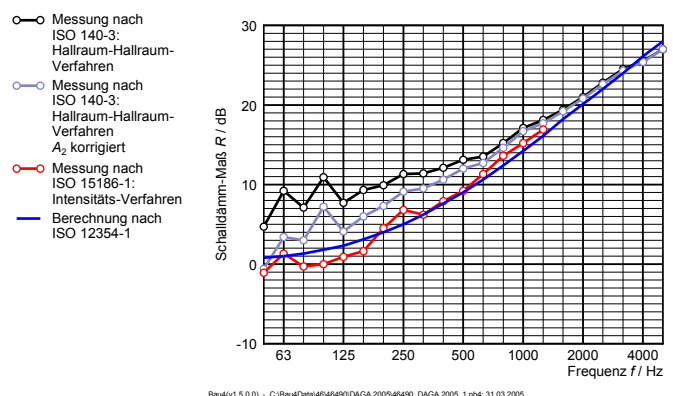


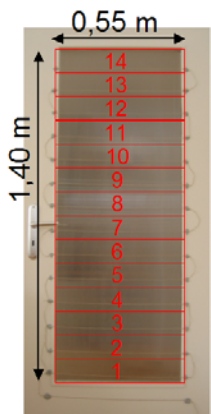
Abbildung 2: Schalldämm-Maße einer Folie mit unterschiedlichen Messverfahren und Rechenwerte

Bei der Messung mit dem Intensitätsverfahren umgeht man das Problem der Bestimmung der richtigen Absorptionsfläche im Empfangsraum und erhält realistischere Werte, die durch weitere Messungen am Bau bestätigt werden konnten.

Wie die Rechenergebnisse zeigen, nähert sich die Schalldämmung mit Absorptionsflächenkorrektur den Messwerten des Intensitätsverfahrens. Hier ist das Intensitätsverfahren vorteilhaft anwendbar.

Verteilung der Intensitätspegel auf der Messfläche bei Bauteilen unterhalb der Koinzidenzfrequenz

Bei Messungen der Schalldämmung von Bauteilen mit dem Intensitätsverfahren werden von den meisten Messgeräten Intensitätspegelverteilungen über der Messfläche dargestellt.



Um die geringe Aussagekraft dieser Darstellungen für luftdicht eingebaute Bauteile unterhalb der Koinzidenzfrequenz zu verdeutlichen, wurde ein Holztürblatt mit einer Füllung aus 3,5 mm dickem Acrylglas untersucht. Hierfür wurde die Messfläche in 14 Segmente unterteilt (Abbildung 3) und für jedes Segment der mittlere Intensitätspegel ermittelt. Die Koinzidenzfrequenz der Füllung liegt bei ca. 8500 Hz.

Abbildung 3: Segmentierung der Füllung des Türblatts

Die Intensitätspegelschwankungen entlang der Segmente entsprechen der zugehörigen Luftschallwellenlänge und lassen daher keinen Rückschluss auf das sie verursachende Biegewellenfeld auf der Füllung zu (Abbildung 4).

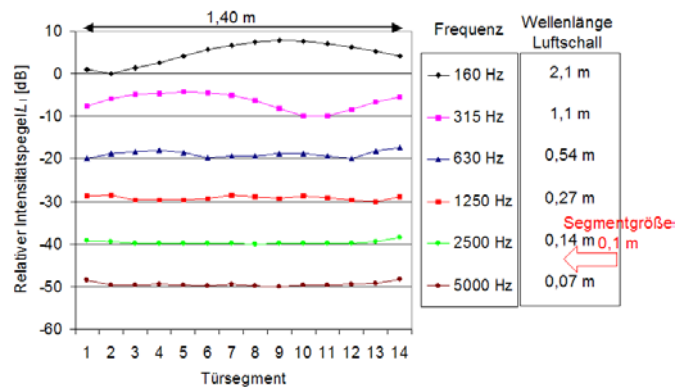


Abbildung 4: Verteilung der Intensitätspegel in den Segmenten der Füllung des Türblatts

Wenn die Luftschallwellenlänge kleiner als die Segmenthöhe von 0,1 m wird, können die Wellenlängenschwankungen nicht mehr aufgelöst werden und es ergeben sich nahezu ortsunabhängige Intensitätspegel. An den Rändern der Füllung (Segment 1 und 14) sind bei hohen Frequenzen Pegelüberhöhungen aufgrund der Kantenabstrahlung zu erkennen.

Aufgrund der örtlichen Intensitätspegelschwankungen ist bei den üblichen Abständen von einigen Zentimetern zwischen den einzelnen Messpunkten bzw. Messpfaden auf der Messfläche insbesondere für den tieffrequenten Bereich eine sehr gleichmäßige Abtastung notwendig. Andernfalls kann es zu einer fehlerhaften Bestimmung des über die Gesamtfläche gemittelten Intensitätspegels kommen.

Weiterhin sollte bei Stichprobenmessungen an Teilfläche einer sehr großen Bauteilfläche mindestens eine halbe Luftschallwellenlänge erfasst werden, um quantitative Bewertung treffen zu können.

Bauteilen mit großen Luftundichtigkeiten

Bei Schalldämmungsmessung von Bauteilen mit großen Luftundichtigkeiten erfordert die korrekte Erfassung des Intensitätspegels im Bereich der Luftundichtigkeiten einen erhöhten Messaufwand. Das trifft zum Beispiel auf Türen zu, bei denen oft die Hälfte der insgesamt abgestrahlten Schallleistung allein auf die Bodenfuge entfällt.

Um den Einfluss einer Fehlabtastung der Messfläche im Bereich der Undichtigkeiten auf den mittleren Intensitätspegel zu ermitteln, wurde ein umlaufend abgedichtetes Türblatt mit einer undichten Bodenfuge untersucht (Abbildung 5).

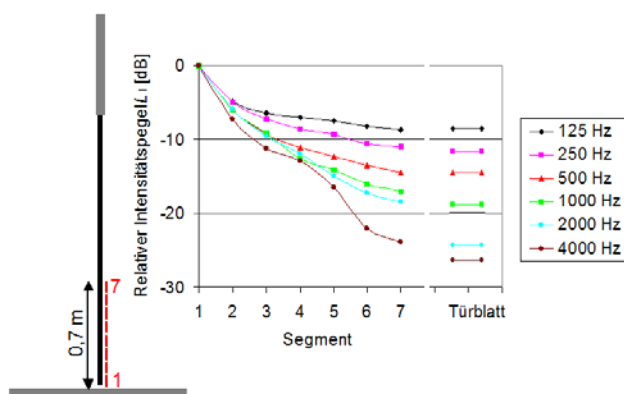


Abbildung 5: Links: Umlaufend abgedichtetes Türblatt mit 5 mm hoher, offener Bodenfuge; Rechts: Verteilung des Intensitätspegels in den Segmenten über der Bodenfuge

Es zeigt sich, dass der Intensitätspegel ausgehend von der Bodenfuge deutlich abnimmt und in den mittleren Intensitätspegel des Türblatts übergeht. Eine 10 %ige Über- oder Unterabtastung des Bodenfugensegments ergibt einen Fehler von nur wenigen Zehntel dB. Erst ab einer 50 %igen Über- oder Unterabtastung des Bodenfugensegments ergibt sich ein Fehler von mehr als 1 dB für den mittleren Intensitätspegel. Beim Verfahren der kontinuierlichen Abtastung der Messfläche ist jedoch gerade im Bereich von Umkehrpunkte, d. h. im Bereich der Bodenfuge, mit größeren Fehlertastungen zu rechnen, die erfahrungsgemäß in der Größenordnung von 50 % liegen können. Es ist daher in solchen Fällen sinnvoll eine oder mehrere Teilmessfläche in der Nähe von Undichtigkeiten zu definieren und diese separat zu erfassen. Hierdurch kann nicht nur die erforderliche Genauigkeit für die Messung erreicht werden, sondern auch der Einfluss der Undichtigkeiten auf die Gesamtschalldämmung abgeschätzt werden.

Literatur

[1] ISO 15186 Acoustics - Measurement of sound insulation in buildings and of building elements using sound intensity.
 Part 1: Laboratory measurements. 2000-03-01
 Part 2: Field measurements. 2003-06-01
 Part 3: Laboratory measurements at low frequencies. 2002-11-01