

Vergleich von Intensitäts- und Diffusfeld- Verfahren zur Messung der Schalldämmung an Fahrzeugbauteilen

Dr. - Ing. Michael Haverkamp, BEng (Hons) Michael König

Ford-Werke AG, Spessart Str. 50527 Köln

Einleitung

In den vergangenen Jahren stiegen die Erwartungen und Ansprüche der Käufer von Fahrzeugen bezüglich des Komforts und der Reduktion der Innengeräusche stark an. Um diesen Erwartungen gerecht zu werden, bedarf es im Falle der Innengeräusche immer ausgefeilterer Schallschutzpakete. Diese Schallschutzpakete (SP) sind im allgemeinen Kombinationen aus verschiedenen Materialien, die auf die Karosserie aufgebracht werden an Stellen, an denen die Schallübertragung in den Fahrzeuginnenraum vermindert werden soll. Bild 1 zeigt Beispiele von Schallquellen, deren Abstrahlung in das Fahrzeuginnere reduziert werden muß.

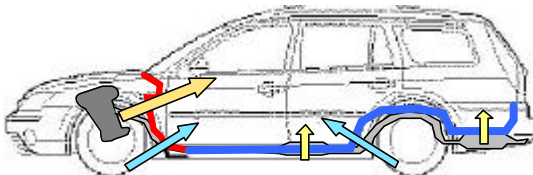


Bild 1: Reifen, Motor und Abgasanlage strahlen Luftschall ab, der z.B. durch Stirnwand oder Bodenbleche in den Fahrzeuginnenraum übertragen wird

Die hauptsächliche Größe zur Bestimmung der Wirkung eines Schallschutzpaketes ist das Dämmmaß (R). Es ist der logarithmierte Quotient zwischen einfallender und abgestrahlter Schalleistung, der im wesentlichen durch zwei unterschiedliche Messverfahren ermittelt werden kann:

- Konventionelles Diffusfeld-Verfahren
- Intensitätsmesstechnik

Beide Messverfahren haben sich in der Bauakustik bewährt. Für den Automobilbau stellen sich im besonderen für das Intensitätsverfahren folgende Fragen:

- Nutzbarer Frequenzbereich
- Einfluss der Hüllflächenform
- Einfluss der Komplexität der Struktur

Ein weiterer wichtiger Bestandteil im Entwicklungsprozess eines Fahrzeugs ist die Lokalisierung von Schwachstellen an Karosseriestrukturen. Zu diesem Zweck wird ein flächenbezogenes Schalldämmmaß vorgeschlagen, welches auf Messdaten des Intensitätsverfahrens basiert.

Grundlagen

Diffusfeld-Verfahren

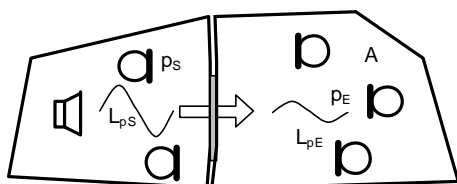


Bild 2: Schematische Darstellung eines Labors zur Bestimmung des Luftschalldämmmaßes mittels der Diffusfeld-Technik

Zur Bestimmung des Dämmmaßes im Labor mittels des Diffusfeld-Verfahrens werden zwei sog. Hallräume benötigt, ein Senderaum und ein Empfangsraum. Das zu untersuchende Objekt ist in einer Öffnung zwischen beiden Räumen angeordnet. Wird im Senderaum ein diffuses Schallfeld erzeugt, kann über die gemessenen Schalldruckpegel in beiden Räumen L_{pS} und L_{pE} , unter Berücksichtigung der äquivalenten Absorptionsfläche A des Empfangsraumes, das Schalldämmmaß R nach Gleichung. 1 errechnet werden.

$$R = 20 \log \left(\frac{p_S}{p_E} \right) + 10 \log \left(\frac{S_{obj}}{A} \right) \quad Gl.1$$

$$R = L_{pS} - L_{pE} + 10 \log \left(\frac{S_{obj}}{A} \right) \quad Gl.2$$

Mit S_{obj} : Fläche des Messobjekts

A : äquivalente Absorptionsfläche

Intensitätsverfahren

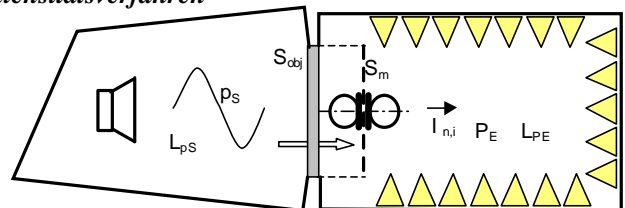


Bild 3: Schematische Darstellung eines Labors zur Bestimmung des Luftschalldämmmaßes mittels der Intensitäts-Technik

Bei diesem Verfahren wird lediglich ein Hallraum senderaumseitig benötigt. Der Empfangsraum sollte als reflexionsarmer Raum ausgeführt sein. Das Schalldämmmaß wird anhand der Schalldruckpegel im Senderaum L_{pS} und des Intensitätspegels L_{in} entlang einer Messebene im Empfangsraum berechnet.

$$L_{in} = 10 \log \left(\frac{I_n}{I_0} \right) \quad \text{mit} \quad I_n = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m I_{n,i} \quad Gl.3$$

$$R = L_{pS} - L_{in} - 6 + 10 \log \left(\frac{S_{obj}}{S_m} \right) \quad Gl.4$$

Mit S_m : Gesamt-Messfläche

S_{obj} : Fläche des Messobjekts

Zur Messung von Intensitäten entlang verschiedener Hüllflächenformen wurden hier ein- bzw. drei-dimensionale Intensitätsmesssonden verwendet.

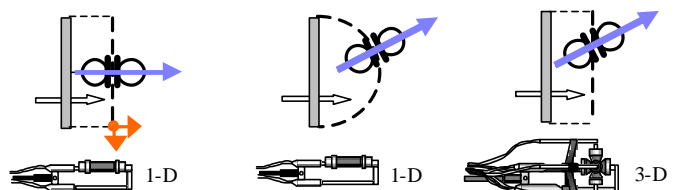
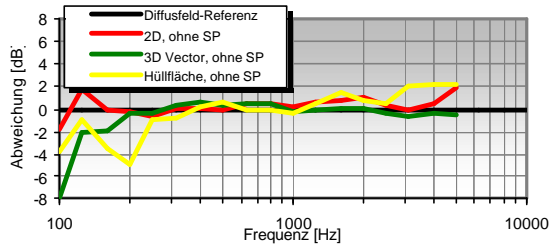


Bild 4: Anordnung der Messebenen und entsprechende Sondentypen

Ergebnisse der Diffus- und Intensitäts-Messungen

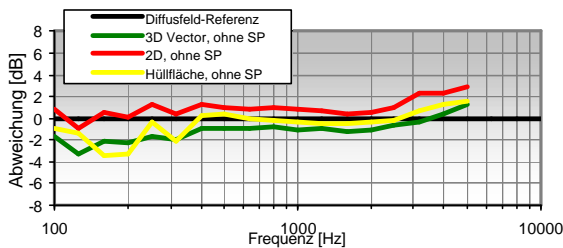
Abweichungen der Ergebnisse für das ebene Blech

Die beiden Verfahren liefern gute Übereinstimmung für die einfache Struktur des ebenen Bleches. Das anhand der 3-dimensionalen Intensitätswerte errechnete Schalldämmmaß zeigt die geringsten Abweichungen über einen größeren Frequenzbereich, verglichen mit der Referenzkurve (Diffusfeld Messung).



Graph 1: Vergleich des intensitätsbasierten Dämmmaßes R_i zum Diffusfeld-Dämmmaß R für unterschiedliche Messebenen für ein ebenes Blech

Abweichungen der Ergebnisse für die Fahrzeugspritzwand



Graph 2: Vergleich des intensitätsbasierten Dämmmaßes R_i zum Diffusfeld-Dämmmaß R für unterschiedliche Messebenen an einer Fahrzeug-Stirnwand

Die Abweichungen zur Diffusfeld-Messung sind für die komplexe Struktur generell etwas höher verglichen zum ebenen Blech. Dies ist unter anderem auf die komplexere Abstrahlcharakteristik der Spritzwand zurückzuführen, wie in Bild 5 dargestellt.

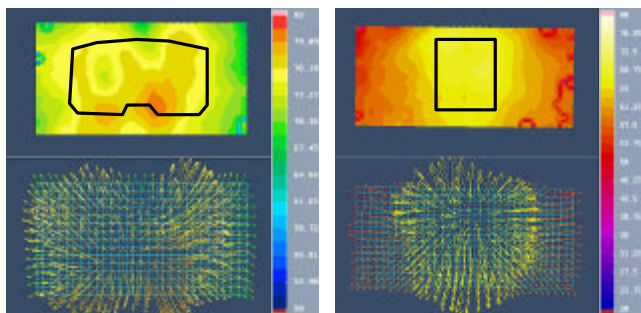


Bild 5: Schallintensitätsverteilung für die 400Hz Terz, links Stirnwand, rechts ebenes Blech

Flächenbezogenes (Luftschall-)Dämmmaß

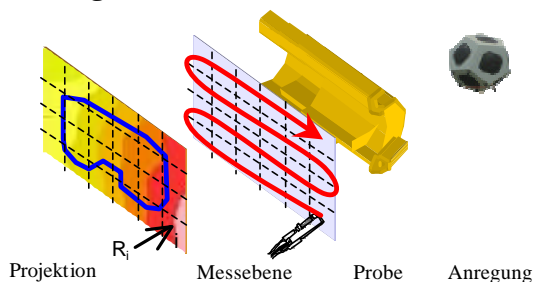


Bild 6: Schematische Darstellung der Messung des flächenbezogenen Schalldämmmaßes

Zur graphischen Darstellung des flächenbezogenen Schalldämmmaßes wird aus den in drei Raumrichtungen gemessenen Intensitäten das Dämmmaß R_i für jede einzelne Teilfläche errechnet. Die Berechnung kann schmalbandig bei Körperschallanregung oder terzweise bei Luftschallanregung erfolgen. Das Dämmmaß für jede Teilfläche $S_{m,i}$ der Messebene wird berechnet aus:

$$R_i = L_{pS} - L_{In,i} - 6 + 10 \log \left(\frac{S_{obj}}{S_{m,i}} \right) \quad Gl.5$$

$$\text{mit } L_{In,i} = 10 \log \left(\frac{I_{n,i}}{I_0} \right) \quad Gl.6$$

Undichtigkeiten an Karosseriebereichen, wie hier am Beispiel der Spritzwand dargestellt, sind durch das o.g. Verfahren leicht zu lokalisieren. Durch Zuordnung der Geometriedaten des untersuchten Objekts zur Messebene kann die Verteilung des Dämmmaßes frequenzabhängig sichtbar gemacht werden. Bild 7 zeigt den Effekt auf das Dämmmaß, der durch eine undichte Lenksäule ndurchführung hervorgerufen wird.

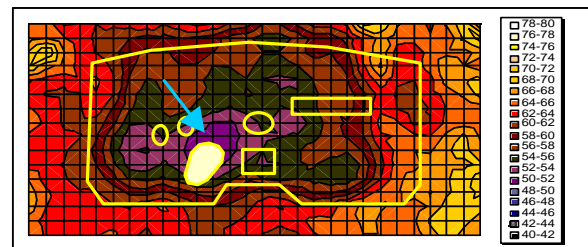


Bild 7: Schalldämmmaßverteilung einer Spritzwand bei 630 Hz

Zusammenfassung

Die Ergebnisse des Luftschall-Dämmmaßes beider Verfahren stimmen gut überein:

- ebenes Blech : Abweichung max. $\pm 1,0$ dB (250 Hz – 2,5 kHz)
- Spritzwand : Abweichung max. $\pm 1,5$ dB (350 Hz – 2,5 kHz)

Die Messung auf Grundlage der Schall-Intensität führt in der Tendenz zu niedrigeren Werten bei tiefen und höheren Werten bei hohen Frequenzen [2,3].

Einfluß der Struktureigenschaften

Zunehmende Komplexität der Probe erhöht (erwartungsgemäß) die Abweichung der Ergebnisse beider Verfahren. Desweiteren erhöht sich die Abweichung bei vorhandenem Schallpaket.

Einfluß der Messebene

Die Abweichungen vermindern sich, wenn zur Messung der Intensitätsverteilung eine halbkugelförmige Hüllfläche verwendet wird oder wenn die Messung der Intensitätsverteilung in der Ebene mit einer 3D-Sonde erfolgt.

Referenzen

- [1] Haverkamp, Michael: Solving vehicle noise problems by analysis of the transmitted sound energy. Proceedings of ISMA 25, Noise and Vibration Engineering. Leuven, Belgium: Katholieke Universiteit Leuven, 2000
- [2] Jonasson, H.G.: Sound Intensity and Sound Reduction Index. Applied Acoustics 40 (1993) 281-293, Swedish National Testing and Research Institute, S-50115 Borås, Sweden
- [3] König, Michael: Sound Transmission Loss Application and Comparison of Diffuse Field and Intensity Technique. Diploma Thesis (2002), University of East London, England