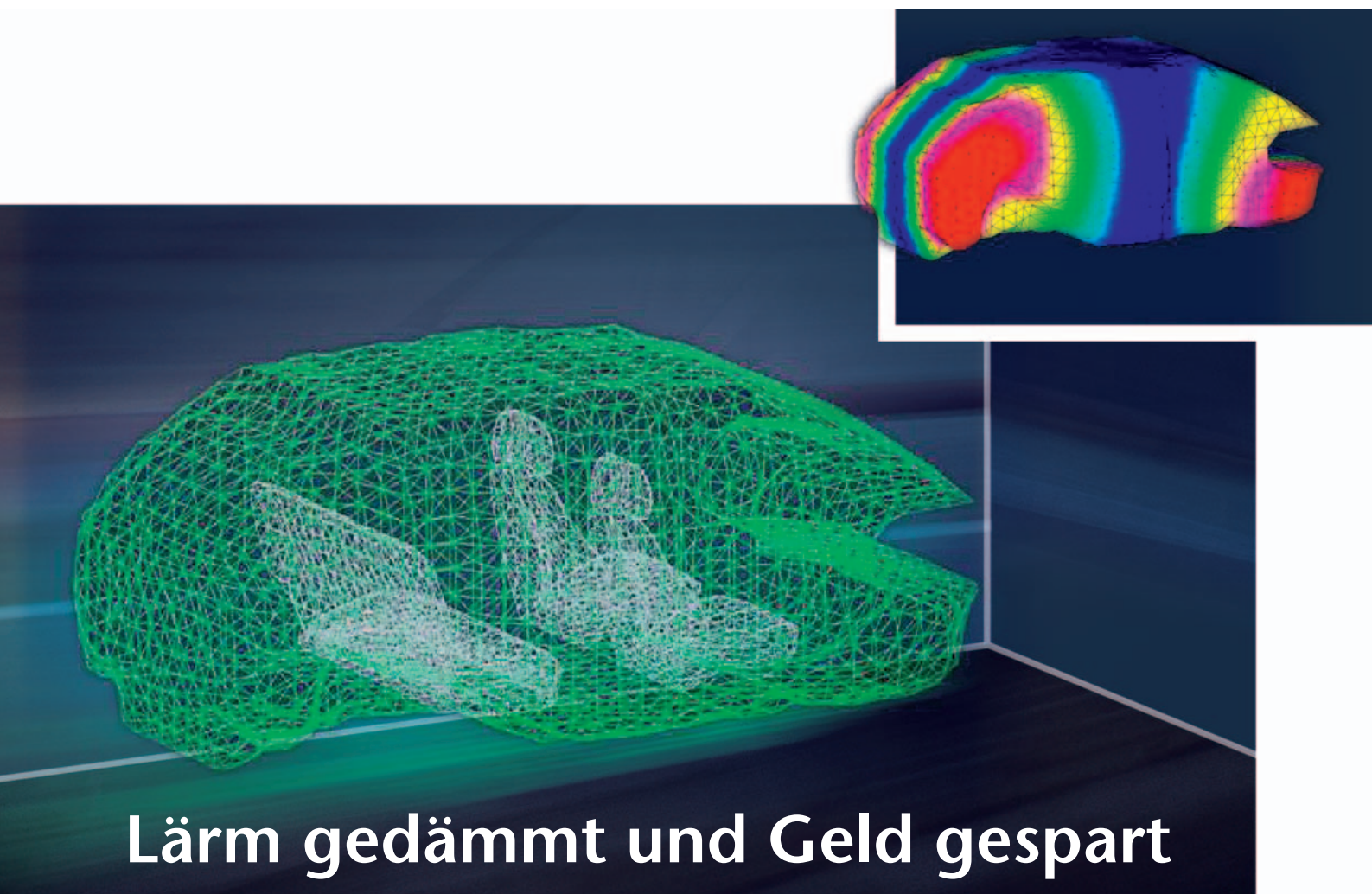




Lärm gedämmt und Geld gespart

Laservibrometrie hilft bei der Optimierung von Auto-Dämmstoffen zur Reduktion von Strukturschwingungen und Innenraumgeräuschen

Eine neue Hybridtechnik für die Optimierung von Dämmmaterialien in Auto-karosserien verbindet die Finite-Elemente-Analyse (FEA) mit experimentellen Methoden. Im vorliegenden Beispiel wurde sie erfolgreich auf Schwingungen des Bodenblechs einer Rohkarosserie und die daraus resultierende Schallabstrahlung angewendet. Die optimierte Materialverteilung, die mithilfe eines Laservibrometers validiert wurde, ergab eine Verminderung der Bodenblechschwingungen um 3 – 5 dB bei gleichzeitiger Ersparnis von 10 % des Materials.

Einführung

Ziel dieser Studie war es, den Einsatz von in flüssiger Form applizierten Dämmstoffen an einem SUV zu optimieren, ohne Materialmengen oder -kosten signifikant zu erhöhen. Der Ansatz besteht aus vier Schritten.

Zunächst werden die stark schwingenden Bereiche des Bodenblechs identifiziert. Danach werden die Übertragungsfunktionen gemessen, um den Anteil der Bodenschwingungen zu quantifizieren. Drittens wird die Verteilung des Materials mithilfe einer Finite-Elemente-Analyse optimiert. Schließlich wird das optimierte Produkt vermessen, um das vorausberechnete Schwingungsverhalten zu bestätigen.

Schwingungsmessungen am Unterboden

Das Schwingungsverhalten des Bodenblechs wurde mit einem Polytec Scanning Vibrometer auf einem Raster von Messpunkten bestimmt. Um die gesamte Fläche des Unterbodens zu erreichen, wurde der Laserstrahl an einem festen Spiegel im 45°-Winkel unter dem Fahrzeug reflektiert (Bild 1). Einige der Messpunkte, die zur Gewährleistung einer guten Signalqualität mit reflektierenden Magnetstickern versehen waren, sind in Bild 2 zu sehen.

Zur Schwingungsanregung wurden zwei Shaker an unterschiedlichen Positionen angebracht und abwechselnd eingesetzt. Jeder Shaker wirkte mit einer sinusförmigen, von 20 bis 300 Hz durchgestimmten Kraft auf die Karosserie ein. Bei dem Scanvorgang ergab sich an jedem Punkt eine Frequenzübertragungsfunktion (FRF) zwischen der Schwingantwort und der anregenden Kraft. Das 2D-Mapping

Saeed Siavoshani, Ph.D., Jay Tudor und
Dev Barpanda, The Dow Chemical Company
SJSiavoshani@dow.com



der FRFs (nicht dargestellt) zeigte, dass die am stärksten schwingenden Bereiche im hinteren Teil des Fahrzeugs lokalisiert waren. Mithilfe des Laservibrometers konnten also solche Bereiche identifiziert werden, bei die Dämmung zur Minimierung des Körperschalls verstärkt werden sollte. Andererseits gab es einige Bereiche mit geringen Schwingamplituden, bei denen das Dämmmaterial ohne negative Auswirkungen reduziert werden konnte.

Von Körperschwingungen zum Luftschall

Weitere Untersuchungen wurden durchgeführt, um die Übertragungsfunktion zwischen der Bodenblechschwingung und dem resultierenden Innenraumgeräusch zu bestimmen. Analog zu den Strukturschwingungen der Karosserie weist auch der Innenraum akustische Moden auf (Titelbild).



Bild 1: Messaufbau der SUV-Karosserie

Diese wurden mit speziellen Schallquellen und Mikrofonen gemessen. Zum Vergleich wurden die akustischen Moden auch mithilfe eines Finite-Elemente-Modells des Innenraums berechnet.

Optimierung mithilfe der Finite-Elemente-Analyse

Mit dem so gewonnenen verbesserten Verständnis der Übertragungsfunktion wurde eine Finite-Elemente-Rechnung für das Schwingungsverhalten des Fahrzeugbodens durchgeführt, um die „lauten“ Bereiche in dem ungedämmten Bodenblech zu identifizieren. Das FE-Modell diente dann, nachdem es durch

die Vibrometermessungen in vollem Umfang bestätigt wurde, zur Berechnung der optimalen Materialverteilung.

Validierungstests

Die vom FE-Modell prognostizierte Verbesserung im Dämmverhalten wurde durch Wiederholung der Vibrometermessungen bestätigt. Bild 3 zeigt den Mittelwert der FRFs aller Messpunkte auf dem Bodenblech (bei Anregung durch den hinteren Shaker). Oberhalb 100 Hz zeigen sich im Vergleich der Signale der gedämmten und der ungedämmten Version signifikante Unterschiede. Mit der standardmäßig aufgetragenen Dämmung wird, unabhängig von der Lokalisierung des Shakers, eine Verbesserung von bis zu 15 dB erzielt.

Die optimierte Materialverteilung wurde durch gezieltes Aufbringen bzw. Abtragen des sprühfähigen Dämmstoffs realisiert. Bild 4 zeigt das Bodenblech mit verstärkter Dämmschicht in Bereichen



Bild 2: Messpunkte am Unterboden

großer Schwingungsamplituden und mit reduzierter Dämmung im Bereich schwacher Aktivität, wie sie zuvor durch das FE-Modell identifiziert worden waren. Das Fahrzeug wurde anschließend wieder mit dem Laservibrometer auf sein Schwingverhalten untersucht. Die Optimierung der Materialverteilung brachte eine Verbesserung des Schwingungsverhaltens um ca. 1 dB (bei Anregung durch den vorderen Shaker) und um 3 – 5 dB im Bezug auf den hinteren Shaker (Bild 5). Diese Verbesserung ging einher mit einer gleichzeitigen Verringerung der Materialmenge um 0,8 kg (10 %) bzw. des Sprayverbrauchs um 1,1 Liter (10 %).

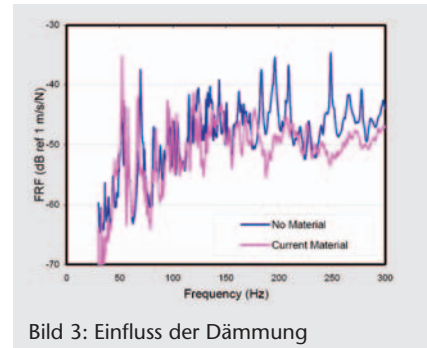


Bild 3: Einfluss der Dämmung



Bild 4: Bodenblech mit optimierter Verteilung des Dämmmaterials

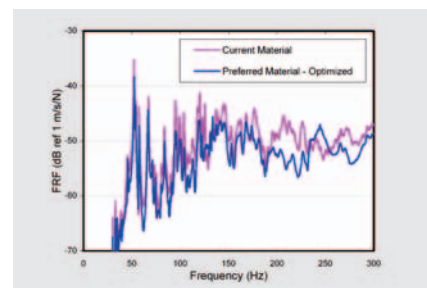


Bild 5: Ergebnis der Materialoptimierung

Schlussfolgerungen

Diese Studie weist nach, wie gut das Dämmverhalten von flüssig applizierten Dämmstoffen bei gleichzeitiger Verringerung des Materialeinsatzes optimiert werden kann. Die Optimierung brachte eine Verminderung des Körperschallpegels zwischen 1 und 5 dB und eine Materialeinsparung von 0,8 kg. Das entspricht einem Minderverbrauch an Dämmspray von 1,1 l je Fahrzeug entsprechend einer Ersparnis von 215.000 \$ pro Jahr. Diese Technik sollte daher in der Konstruktionsphase neuer Fahrzeuge schon zu einem möglichst frühen Zeitpunkt eingesetzt werden.