

Masseneutrale Minderung des Fahrzeuginnengeräusches durch den Einsatz einer neuartigen Reserveradmulde aus textilverstärkten Thermoplastverbunden

Prof. Dr.-Ing. habil. Prof. E. h. Werner A. Hufenbach^a, Dr.-Ing. Jens Meschke^b, Dr.-Ing. Gunnar Gäbel^b
Dipl.-Ing. Martin Dannemann^a, Dipl.-Ing. Stefan Friebe^a

^aInstitut für Leichtbau und Kunststofftechnik (ILK), Technische Universität Dresden, Holbeinstraße 3, 01307 Dresden, E-Mail: martin.dannemann@ilk.mw.tu-dresden.de

^bVolkswagen AG, Konzernforschung, Fahrzeugtechnik, Akustik, Wolfsburg

Einleitung und Motivation

Textilverstärkte Thermoplastverbunde bieten durch das in weiten Bereichen konstruierbare Eigenschaftsprofil die Möglichkeit, eine hohe Verbunddämpfung sowie eine geringe Schallabstrahlung einzustellen. Sie bieten somit das Potential die durch Leichtbaumaßnahmen entstehenden niedrigeren Massenträgheitskräfte und die damit im Allgemeinen einhergehende höhere Schallabstrahlung durch eine hohe Verbunddämpfung zu kompensieren. Das im Rahmen des Transferprojektes T5 des Sonderforschungsbereiches 639 durchgeführte vibroakustische Engineering umfasst in diesem Zusammenhang neben der Kennwertermittlung und der Erstellung sowie Validierung geeigneter Simulationsmodelle vor allem die Herstellung und praxisnahe Erprobung derartiger textilverstärkter Thermoplaststrukturen. Als Demonstratorbauteil wurde die Reserveradmulde eines Personenkraftwagens ausgewählt, die serienmäßig aus glasmattenverstärktem Thermoplast besteht (siehe Abb. 1).

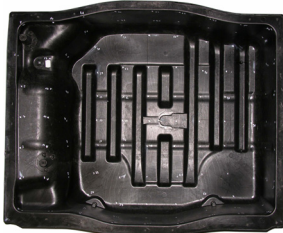


Abbildung 1: Demonstratorbauteil Reserveradmulde (Serienbauteil)

In einem Fahrzustand dieses mit einem 4-Zylinder-Dieselmotor ausgestatteten Pkw (4. Gang unter Schubetrieb bei einer Drehzahl $n = 1250 \text{ min}^{-1}$) tritt in Höhe der Fahrerohrposition ein akustisches Phänomen auf, welches zu einem erhöhten Fahrzeuginnengeräusch führte und mit hoher Wahrscheinlichkeit auf die Interaktion zwischen Innenraumakustik mit den Eigenfrequenzen der Mulde zurückzuführen sind. Dieses Phänomen ist nur in einem stark vom Serienzustand abweichenden Aufbauzustand wahrzunehmen, wobei hier sämtliche Abdeckungen geöffnet und ein spezieller Werkzeugträger zuvor entfernt wurden.

Ziel der durchgeführten Untersuchungen ist die Ermittlung des Einflusses einer neuartigen Mulde aus textilverstärktem Thermoplast auf das beschriebene akustische Phänomen ohne Erhöhung der Bauteilmasse und dem Einsatz von Sekundärmaßnahmen.

Voruntersuchungen und Fertigung

Mit Hilfe von Beschleunigungsmessungen an verschiedenen Positionen der Reserveradmulde während eines Fahrversu-

ches konnte das oben beschriebene Phänomen auch messtechnisch erfasst werden. In Abbildung 2 ist die Einhüllende der an 13 verschiedenen Positionen gemessenen Beschleunigung über der Frequenz dargestellt.

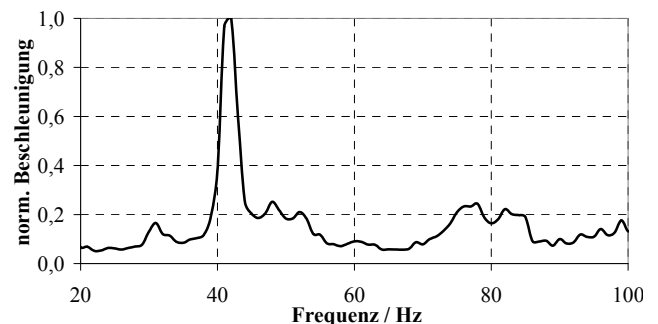


Abbildung 2: Einhüllende lokaler Beschleunigungen

Die anregungsbedingt bei ca. 40 Hz auftretende, ausgeprägte Betriebsschwingform ähnelt sehr stark der ersten Biegeschwingform des Muldenbodens (vgl. erste Eigenform in Abb. 4).

Es wurde ein textiler Lagenaufbau bestimmt, der eine gewichtsneutrale Erhöhung der ersten Eigenfrequenz im Vergleich zur Serienmulde erwarten lässt [1, 2]. Die Fertigung der textilverstärkten Mulde erfolgte im Autoklavverfahren mit Hilfe eines eigens dafür abgeformten Tooling-Prepreg-Werkzeugs [3, 4].

Strukturdynamische Analyse

In einer experimentellen Modalanalyse wurden die Eigenform und zugehörigen Eigenfrequenzen der Reserveradmulde im eingebauten Zustand ermittelt (siehe Abb. 3).

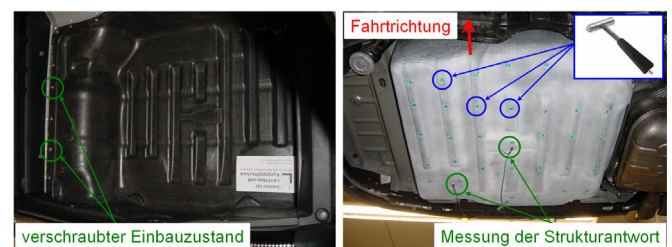


Abbildung 3: Einbauzustand und Messpunktpositionen der textilverstärkten Mulde

Erwartungsgemäß konnten die Eigenfrequenzen durch den Einsatz der Textilverstärkung deutlich erhöht werden (Eigenfrequenz der ersten Biegeeigenform um 16% von 50 auf 58 Hz). Abbildung 4 zeigt entsprechende Messergebnisse, die am frei aufgehängten Bauteil ermittelt wurden.

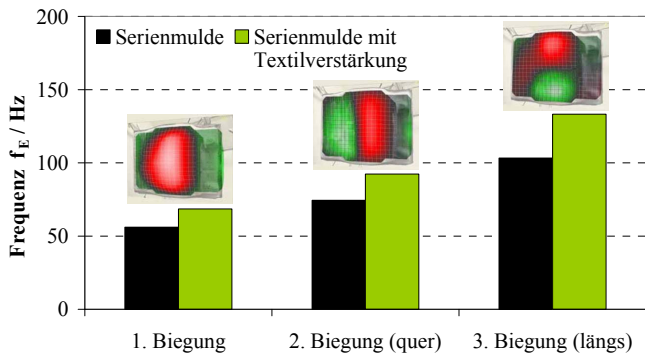


Abbildung 4: Ergebnisse der Modalanalyse der textilverstärkten Mulde im Vergleich zum Serienbauteil

Einfluss der Textilverstärkung auf das Fahrzeuginnengeräusch

In Fahrversuchen wurde der Schalldruck am Fahrerohr im relevanten Fahrzustand aufgezeichnet, bei dem der diskutierte akustische Effekt auftritt. Abbildung 5 zeigt die Messergebnisse für beide Mulden in Form eines Wasserfalldiagramms.

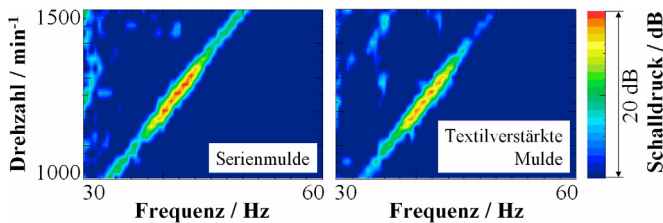


Abbildung 5: Luftschalldruckpegel in Abhängigkeit der Motordrehzahl der textilverstärkten Mulde im Vergleich zum Serienbauteil

Im Drehzahlbereich zwischen 1200 min^{-1} und 1350 min^{-1} treten bei der zweiten Motorordnung deutliche Pegelüberhöhungen auf, wobei die Überhöhung bei der Serienmulde stärker ausgeprägt ist.

Ursächlich für dieses Phänomen ist die Dominanz einer Schwingungsmode der im Fahrzeuginnenraum eingeschlossenen Luftsäule, deren charakteristisches Auftreten unter anderem durch die Fahrzeuggeometrie bestimmt wird. Eine Analyse des A-bewerteten Luftschalldruckpegels der zweiten Motorordnung in Abhängigkeit der Motordrehzahl n_{mot} zeigt eine deutliche Reduktion des resultierenden Schalldruckpegels durch die infolge der Textilverstärkung erreichten Änderungen des dynamischen Muldenverhaltens (siehe Abb. 6).

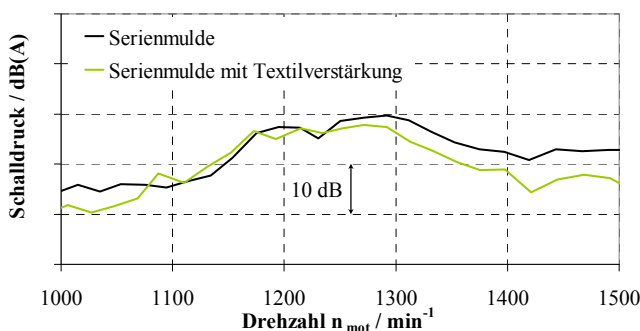


Abbildung 6: Einfluss der Textilverstärkung auf den Luftschalldruck im Fahrzeuginnenraum (2. Motorordnung)

Während der Testfahrten konnte das oben beschriebene akustische Phänomen beim Fahrzeug mit eingebauter textilverstärkter Mulde vom Fahrer deutlich geringer wahrgenommen werden, sodass die Messergebnisse zusätzlich subjektiv bestätigt werden konnten.

Zusammenfassung und Ausblick

Durch die gezielte Auswahl und Verwendung von Textilverstärkungen in einer Reserveradmulde konnten die vibroakustischen Eigenschaften bei gleichem Gewicht deutlich verbessert werden. Die strukturdynamischen Untersuchungen zeigen eine erhebliche Erhöhung der ermittelten Eigenfrequenzen um bis zu 29% auf. Insbesondere die akustisch relevante erste Biegeeigenform des Muldenbodens wurde deutlich erhöht und damit weitgehend aus dem kritischen Anregungsbereich bei ca. 1250 min^{-1} gedrängt. Diese masse-neutralen strukturdynamischen Veränderungen der Mulde bewirken zudem eine deutliche Reduzierung des Luftschalldruckpegels im Fahrzeuginnenraum.

Das vibroakustische Potential von textilverstärkten Thermoplasten konnte so am Beispiel einer textilverstärkten Reserveradmulde eindrucksvoll nachgewiesen werden.

Danksagung

Die Autoren möchten sich bei der Deutschen Forschungsgemeinschaft für die finanzielle Unterstützung des Transferprojektes T5 im Rahmen des Sonderforschungsbereiches 639 bedanken.

Literaturverzeichnis

- [1] Hufenbach, W.; Täger, O.; Meschke, J.; Dannemann, M.: Vibroakustische Auslegung und Tests dynamisch belasteter textilverstärkter Verbundmulden mit hoher Verbunddämpfung. *VDI-Berichte Nr. 2003*, S. 411-425, VDI-Verlag Düsseldorf 2007.
- [2] Hufenbach, W.; Dannemann, M.; Kolbe, F.; Friebe, S.; Franeck, J.: Advanced vibro-acoustic simulations considering draping effects of 3D textile-reinforced structures. *The Sixteenth International Congress on Sound and Vibration ICSV 16*, Krakow, Poland, 5.-9. Juli 2009.
- [3] Hufenbach, W.; Täger, O.; Dannemann, M.; Krahl, M.; Kolbe, F.: Material Characterization, vibro-acoustic Analysis and Manufacturing of Textile-reinforced complex 3-D Composite Structures. *Proceedings of Sixteenth International Conference on Composite Materials ICCM-16*; Kyoto; 8.-13. Juli 2007.
- [4] Hufenbach, W.; Dannemann, M.; Friebe, S.; Krahl, M.: Manufacturing Studies for 3-D Hybrid Yarn Based Textile-reinforced Composite Trays. *17th International Conference on Composite Materials ICCM-17*, Edinburgh 27.-31. Juli 2009.