

Entwicklung einer funktionsintegrierten wärme- und schallgedämmten Ölwanne

Peter Schrader¹, Fabian Duvigneau², Tommy Luft¹, Ulrich Gabbert², Hermann Rottengruber¹

¹ O.-v.-Guericke-Universität, Institut für mobile Systeme, 39106 Magdeburg, E-Mail: peter.schrader@ovgu.de

² O.-v.-Guericke-Universität, Institut für Mechanik, 39106 Magdeburg, E-Mail: fabian.duvigneau@ovgu.de

Einleitung

Ein dominierender akustischer Strahler des Motors ist die Ölwanne, die wegen ihrer dünnwandigen und großflächigen Gestalt besonders stark zu Schwingungen und damit zur Schallabstrahlung neigt. Für die Schwingungsreduktion setzen die Fahrzeugentwickler sowohl passive als auch aktive Methoden ein. Bekannte passive Methoden sind u. a. das Einbringen von Rippen, Sicken, Bombierungen, die Bedplate-Konstruktion oder die Entkoppelung von Ölwanne und Zylinder-Kurbel-Gehäuse (ZKG). Im vorliegenden Beitrag wird das Potential einer neuen passiven Maßnahme untersucht, die durch den Einsatz von Kunststoff- und Metallschäumen sowohl eine verbesserte thermische Isolation als auch eine Reduktion der abgestrahlten Schalleistung verspricht. Für die von plattenförmigen Böden abgestrahlte Schalleistung gilt die maschinenakustische Grundgleichung:

$$P = \rho \cdot c \cdot \bar{v}^2 \cdot A \cdot \sigma \quad [W] \quad (1)$$

mit

$$\bar{v}^2 = \frac{F_E^2}{B^2 \cdot m''^2 \cdot \eta}, \quad m'' = \rho \cdot h. \quad \left[\frac{m^2}{s^2} \right] \quad (2)$$

Das Anbringen von Schaumplatten an der Ölwanne bewirkt eine Erhöhung der Biegesteifigkeit B und der Dämpfung, die als Verlustfaktor η in (2) eingeht. Die für die nachfolgend dargestellten Untersuchungen genutzte Ölwanne weist ebene Abstrahlflächen auf, an denen der plattenförmige Aluschaum problemlos befestigt werden kann.

Auswahl der Aluschaumplatten

Nach [1] berechnet sich die Biegesteifigkeit von Aluminiumschaum zu

$$B = \frac{h^3 \rho^\kappa}{12 \cdot (1 - \nu^2)} \cdot \frac{E_{solid}}{\rho_{solid}^\kappa}, \quad \text{mit } \kappa = 1,45 \dots 1,65 \quad [Nm] \quad (3)$$

Somit sind Aluschaumplatten mit einer hohen Dichte und möglichst großer Dicke vorteilhaft. Dem entgegen steht die Forderung nach einer hohen Leistungsdichte und somit einer geringeren Gesamtmasse des Motors; die Dämpfung nimmt ab, wenn sich die Schaumplatte einer massiven Aluminiumplatte annähert. Daher wurde ein Schaum mittlerer Dichte ($0,51 \text{ g/cm}^3$) und einer Dicke von 10 mm gewählt. Der Verlustfaktor solcher Aluschaumplatten ist ab Frequenzen über 500 Hz bis zu zehnmal größer als der von massivem Aluminium [2].

Auf dem Markt existieren Al-Platten mit offen- und geschlossenenporigen Schäumen. Da ein geschlossenenporiger Schaum bei gleicher Dichte eine höhere Steifigkeit als ein offenporiger Schaum besitzt [3], wurde für die

Untersuchungen ein geschlossenenporiger Schaum gewählt (Abbildung 1).

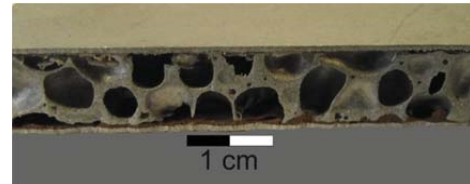


Abbildung 1: Aluschaumplatte AluAS von AlCarbon

Gestaltung der Ölwanne

Bei der Gestaltung der Ölwanne wurden neben der leichten Aufbringbarkeit der Schaumplatten auf ebenen Flächen außerdem folgende Ziele verfolgt:

- Integration eines leistungsstarken Öl-Wasser-Wärmetauschers zur Reduktion von Reibungsverlusten beim Motorwarmlauf,
- Realisierung einer thermischen Isolation,
- Versteifung durch Rippen.

Abbildung 2 zeigt das für die Simulation genutzte FE-Netz der entwickelten Ölwanne sowie ihre Komponenten.

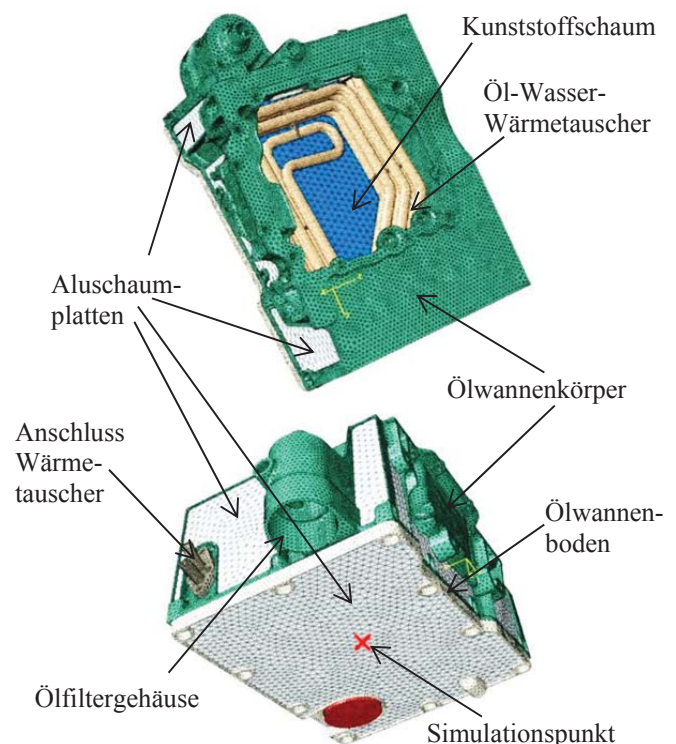


Abbildung 2: FE-Modell der Ölwanne und ihrer Komponenten

Für die thermische Isolation wurde der Ölwanneboden mit dem für die Anwendung geeigneten Kunststoffschäum

Kerdyn® (BASF) ausgekleidet. Für die Versteifung der dünnwandigen Flächen wurden sechs verschiedene Varianten entworfen und mit Hilfe von dynamischen Struktursimulationen auf ihre maximalen Schwingungsamplituden untersucht. Die beste Wirkung zeigte eine durchgängige sternförmige Verrippung an der Innenseite der Ölwanne (Abbildung 3).

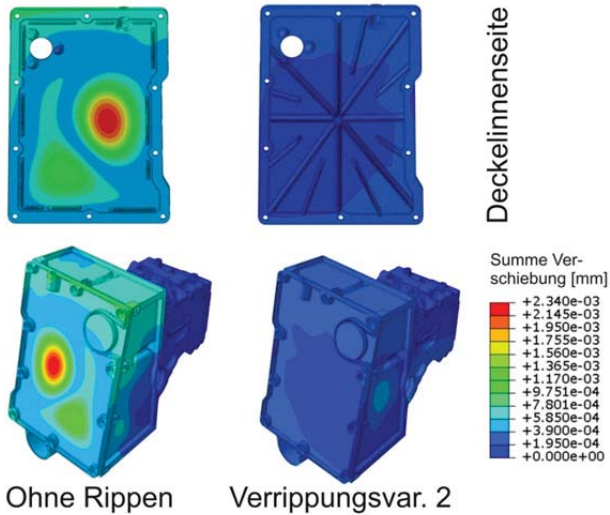


Abbildung 3: Verringerung der Schwingungsamplituden durch Verrippung

Simulation und Ergebnisse

Die Simulationen wurden mithilfe der FEM durchgeführt und dabei 3D-Elemente mit quadratischen Verschiebungsansätzen verwendet. Die Rückwirkung des Fluids auf die Struktur wurde vernachlässigt. Das Luftvolumen wurde als Halbkugel um den Ölwanneprototypen mit zur Peripherie größer werdenden Elementen modelliert. Es handelt sich um ein Abstrahlproblem im Nahfeld. Die Sommerfeldbedingung wurde mithilfe spezieller absorbierender Randbedingungen erfüllt. Die Anregung der Ölwanne wurde aus einer elastischen Mehrkörpersimulation des Kurbeltriebs im Motorblock gewonnen. Als Eingangsgröße diente der am Prüfstand gemessene Zylinderdruckverlauf am Volllastpunkt des Motors, der zukünftig als Range-Extender für E-Fahrzeuge genutzt werden soll. Zur Bewertung der verschiedenen Verrippungsvarianten wurden die Strukturverschiebungen verglichen, die mit einem modal reduzierte Modell berechnet wurden, das alle relevanten Eigenformen im untersuchten Frequenzbereich berücksichtigt.

Die Abbildung 4 zeigt das Resultat der Schalldruckberechnung im Nahfeld (150 mm Entfernung vom Simulationspunkt) des Ölwannebodens. Die Berechnung wurde aus Kapazitätsgründen mit einer Frequenzauflösung von 8,33 Hz durchgeführt. Dabei wurde die unverrippete Variante (Abbildung 3, links) untersucht, so dass der alleinige Einfluss des Aluminiumschaumes sichtbar wird. Diese Variante liefert für die relevanten höchsten Abstrahlmoden bessere Ergebnisse als die unverschäumte Ölwanne. Die Betrachtung des Gesamtpegels über dem untersuchten Frequenzbereich $0 < f \leq 3800$ Hz ergibt eine Reduktionspotential von 17 dB(A). Ob ein vergleichbares Ergebnis auch für eine verrippete Ölwanne erreicht werden

kann, sollen die weiteren Untersuchungen zeigen.

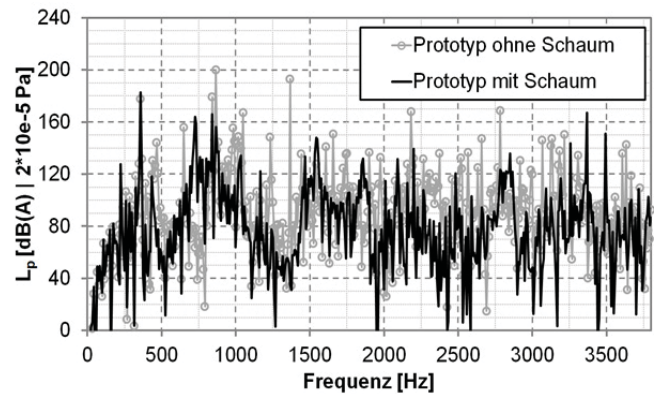


Abbildung 4: Simulierter Schalldruckpegel am Ölwanneboden (Abstand: 150 mm)

Die Veränderung der Wärmespeicherfähigkeit der Ölwanne wurde ebenfalls mit Hilfe von FE-Simulationen untersucht, wobei das im Motor eingesetzte Öl Helix Ultra Extra X 5W-30 von Shell verwendet wurde. Die Abbildung 6 zeigt für den mit Kunststoffschäum verkleideten Ölwanneboden eine um 4 Stunden verzögerte Abkühlung des Öls auf eine Temperatur auf unter 40°C. Bereits diese einfache Maßnahme leistet somit einen Beitrag zur Verbesserung der Schmiereigenschaften und somit des Wirkungsgrades des Motors.

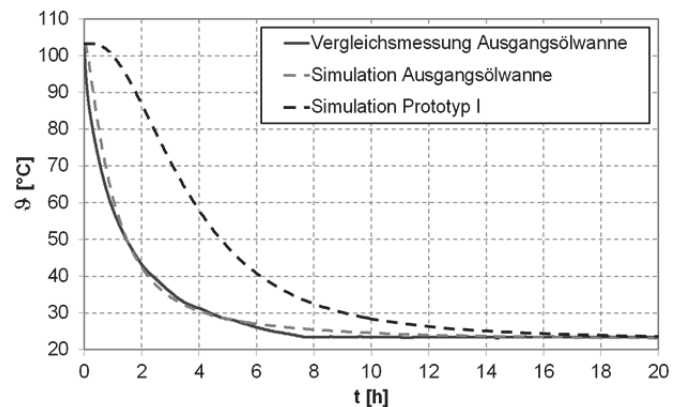


Abbildung 5: Öltemperaturverlauf nach Abschalten des Motors in Versuch und Simulation

Danksagung

Die Untersuchungen wurden im Rahmen der Landesinitiative Elektromobilität und Leichtbau (ELISA) durch das Bundesland Sachsen-Anhalt und die Europäische Union gefördert.

Literatur

- [1] Zopp, A.: *Finite-Elemente-Modellierung von Aluminiumschaumstrukturen für Körperschallberechnungen*, Shaker Verlag, Aachen, 2000.
- [2] Höfler, D. u. a.: Geräuschreduktion von Motorbauteilen durch hochdämpfende Werkstoffe, *MTZ* 11/2006, S. 860 ff.
- [3] Degischer, H. P., Kriszt, B.: *Handbook of Cellular Metals*, Wiley-VCH, Weinheim 2002.