

Untersuchungen zur aktiven Entkopplung von Fahrwerkskomponenten

Heiko Atzrodt, Sven Herold, Tobias Drögemüller, Jonathan Millitzer, Björn Seipel

Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit, Bartningstraße 47, 64331 Darmstadt,
E-Mail: heiko.atzrodt@bf.fraunhofer.de

Einleitung

Im Rahmen des BMBF-Projektes „Funktionsintegrierte elektroaktive Elastomerlagersysteme zur Schwingungskontrolle von Leichtbaustrukturen“ FIEELAS wurde gemeinsam mit den Projektpartnern ein aktives Lager zur Entkopplung von Fahrwerkskomponenten von der Karosserie entwickelt. Die im Serienzustand eines Mittelklassefahrzeuges als starr ausgelegte Verbindung wird dabei durch aktive Elemente mit piezokeramischen Aktoren ersetzt, um so eingeleitete Störungen durch Fahrbahnregungen zu reduzieren. Durch diese Maßnahme soll der Schalldruck im Fahrzeuginneren gemindert und somit der Komfort für die Fahrzeuginsassen erhöht werden.

Gesamtsystemsimulation

Für die Auslegung der aktiven Lager dient eine numerische Simulation [1]. Das Simulationsmodell besteht aus sechs Submodellen, vier beschreiben das Verhalten des Fahrzeuges (Anregung, Fahrwerkskomponente, Fahrzeugverhalten und Schalldruck) und zwei die aktiven Komponenten (aktive Lager, Regelung) (siehe Abbildung 1).

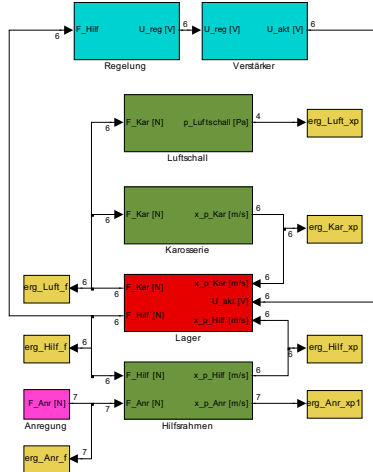


Abbildung 1: Simulationsmodell des Fahrzeuges mit aktiven Lagern und Akustikmodell

Aus einer experimentellen Modalanalyse der Fahrwerkskomponente ist eine modale Zustandsraumbeschreibung mit Hilfe der ermittelten Eigenfrequenzen und Eigenformen erstellt wurden. Das Verhalten des Fahrzeuges ohne die Fahrwerkskomponente wurde mit den gemessenen Transferfunktionen des Testfahrzeuges nachempfunden. Zur Berechnung des Schalldrucks im Fahrzeuginneren ist ein Modell für die Übertragungspfade von den Anbindungspunkten der Fahrwerkskomponente an die Karosserie ins Fahrzeuginnere aus Meßdaten ermittelt wurden. Die somit erzeugten Modelle werden an sechs Verbindungsstellen gekoppelt.

Diese Verbindungen können voneinander unabhängig auf steif, gefedert oder aktiv gelagert geschaltet werden und somit verschiedene Zustände beschreiben, die die Körperschallübertragung und damit den Schalldruck beeinflussen. Dadurch konnten verschiedene Analysen zu den Lagereigenschaften durchgeführt und die Wirksamkeit der Maßnahmen untersucht werden.

Die Anregung im Modell erfolgt über die Anbindungsstellen des Querlenkers. Die spektrale Gewichtung der Anregungssignale entspricht hierbei den aus den Messungen identifizierten Anregungsspektren. Die Anregung über den Motor und die Abgasanlage wird vernachlässigt, da nur das Rollgeräusch simuliert wird. Das Modell beschreibt die Übertragungspfade in Z-Richtung (vertikal), die Schwingungen durch die Kopplung mit den anderen Raumrichtungen werden bisher nicht berücksichtigt.

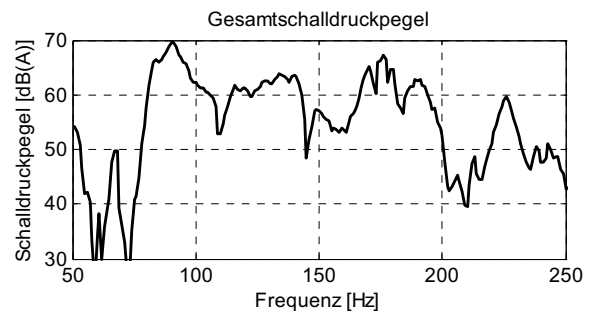


Abbildung 2: Gesamtschalldruckpegel in der Simulation mit starrer Anbindung der Fahrwerkskomponente

Aus den Simulationen wurde ein Überhöhung im Frequenzbereich um 90 Hz identifiziert (Abbildung 2), was sich mit den Messungen am Testfahrzeug deckt.

Die für die Regelung eingesetzte aktive Gegensteuerung [2] benötigt eine Abschätzung des Übertragungsverhaltens von den Aktoren zu den Sensoren. Mit vier aktiven Lagern und jeweils vier Sensorgrößen ergeben sich demnach 16 Übertragungsfunktionen, die vorab mit Hilfe eines adaptiven Filters identifiziert werden müssen. Das benötigte Referenzsignal zur Adaption der Regelfilter und zur Berechnung der Stellgrößen der aktiven Lager entspricht in der Simulation vorerst der Summe der an den vier Anbindungsstellen der Querlenker eingeleiteten Störgrößen.

Zur Bewertung der Performance der aktiven Gegensteuerung mit jeweils unterschiedlichen Sensorgrößen, sind die Reduktion der Beschleunigung an den aktiven Lagerpunkten auf Karosserie-seite sowie die Reduktion des Schalldrucks im Fahrzeuginnenraum betrachtet wurden.

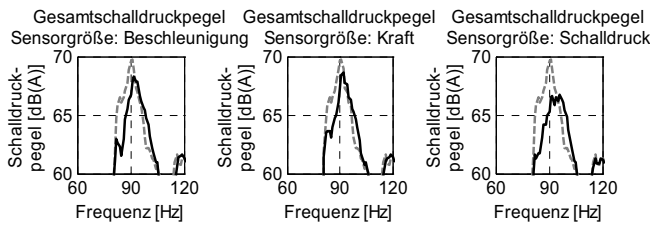


Abbildung 3: Simulierte Reduktion des Gesamtschalldrucks mit verschiedenen Sensorgrößen

Die Simulationsergebnisse (Abbildung 3) zeigen, daß je nach Sensorgröße eine Reduktion des Schalldruckes im Fahrzeuginnenraum im akustisch relevanten Bereich erreichbar erscheint.

Konstruktive Umsetzung

Mit den in der Simulation ermittelten Designparametern wurde ein entsprechendes Lager konstruiert und umgesetzt (Abbildung 4). Dabei mußte der begrenzte Bauraum an der Einbauposition berücksichtigt werden. Der Durchmesser beträgt 72 mm, die Bauhöhe 65 mm. Das Lager besteht aus sechs piezokeramischen Aktoren (7 * 7 * 32 mm) die in zwei Ebenen kaskadiert angeordnet wurden.



Abbildung 4 Aktives Lager mit piezokeramischen Aktoren

In Vorversuchen wurde in numerischen und experimentellen Untersuchungen die Eignung des aktiven Lagers für den Einsatz in einem Fahrzeug nachgewiesen. Neben der Bestimmung des maximalen Hubs und der Blockierkraft wurde das dynamische Verhalten ermittelt und das Lager in einer Prüfmaschine mit den maximal auftretenden Kräften in allen drei Raumrichtungen belastet.

An die Fahrwerkskomponente werden die Gehäuse der aktiven Lager direkt angeschweißt. Im Inneren des Gehäuses können starre Körper, passive Dämpfer oder aktive Elemente modular integriert werden. In Abbildung 5 ist die Einbauposition für die aktiven Lager dargestellt.



Abbildung 5: Fahrwerkskomponente mit vier aktiven Lagern zur Reduktion des Rollgeräusches

Für die Bewertung des Einflusses der aktiven Lager auf das Schwingungsverhalten bzw. auf die Innenraumakustik wurde ein Versuchsstand aufgebaut, mit dem die Fahrbahnanregung in eine Achse simuliert werden kann (Abbildung 6). Die in einem Ausrollversuch ermittelten Beschleunigungen konnten nach einer Bandpassfilterung (50 Hz bis 600 Hz) als Anregungsdaten geregelt über die Querlenker eingeleitet werden. Der Versuchsstand und die Simulation haben somit annähernd gleiche Randbedingungen, was einen direkten Vergleich der Ergebnisse ermöglicht.



Abbildung 6: Versuchsstand zur Erprobung aktiver Lager in Fahrzeug unter betriebsnahen Bedingungen

Mit dem Versuchsstand können aktive Lager im Motor- und Fahrwerksbereich in reproduzierbarer Umgebung getestet werden. Für die Erprobung der Regelung wurde somit ein effizientes Vorgehen entwickelt. Besonders in Kombination mit der Möglichkeit des modularen Einbaus verschiedener Lagercharakteristika können vielfältige numerische und experimentelle Untersuchungen effizient durchgeführt werden.

Ausblick

In den nächsten Arbeitsschritten erfolgen die Erprobung der aktiven Lager im Testfahrzeug in dem Versuchsstand und die Validierung der Simulationsergebnisse. Weiterhin sollen bei Tests auf einem Rollenprüfstand und auf einer Versuchsstrecke das Potential der aktiven Lager genauer untersucht werden.

Literatur

- [1] Herold, S.; Mayer, D.; Atzrodt, H.; Thomaier, M.: Integration of different approaches to simulate active structures for automotive applications. ForumAcusticum 2005 - 4th European Congress on Acoustics, Budapest, Ungarn, 2005
- [2] Kuo, S. M.; Morgan, D. R.: Active Noise Control Systems. John Wiley & Sons, Inc., New York, 1996