

Das LOEWE-Zentrum AdRIA – eine Übersicht über die Projektergebnisse

Thilo Bein¹, Joachim Bös², Tobias Melz^{1,2}

¹ Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit LBF, 64289 Darmstadt,
E-Mail: thilo.bein@lbf.fraunhofer.de

² TU Darmstadt, Fachgebiet Systemzuverlässigkeit und Maschinenakustik SzM, 64289 Darmstadt,

Einleitung – Das LOEWE-Zentrum AdRIA

Das LOEWE-Zentrum AdRIA (Adaptronics – Research, Innovation, Application) ist ein großes interdisziplinäres Forschungsprojekt in Darmstadt, das überwiegend von der hessischen Landesregierung finanziert wird. Neben dem Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit LBF sind daran auch 21 Fachgebiete aus sechs verschiedenen Fachbereichen der TU Darmstadt sowie ein Fachbereich der Hochschule Darmstadt beteiligt. Ziel des Projektes ist, die Vermarktbarkeit aktiver und adaptiver Systeme zur Lärm- und Schwingungsminderung zu steigern, was durch eine ausgewogene Mischung aus Grundlagenforschung, angewandter Forschung und industrieller Anwendung erreicht wird. Dazu gibt es drei sog. Leitprojekte („Adaptives Auto“, „Leises Büro“ und „Adaptive Tilger“), die als Anwendungsszenarien dienen. Zu den sog. Technologiebereichen, in denen die dazu notwendigen Technologien entwickelt werden, gehören u.a. „Werkstoffe“, „Simulation“, „Sensoren und Aktoren“, „Embedded Systems“, „Regelungstechnik“, „Adaptronische Systeme“ und „Fertigung“. Das Projekt hat eine Laufzeit von insgesamt 6 Jahren und endet im Sommer 2014. Der Beitrag gibt einen Überblick über einige ausgewählte Projektergebnisse. Die Projektstruktur ist in Abb. 1 dargestellt.

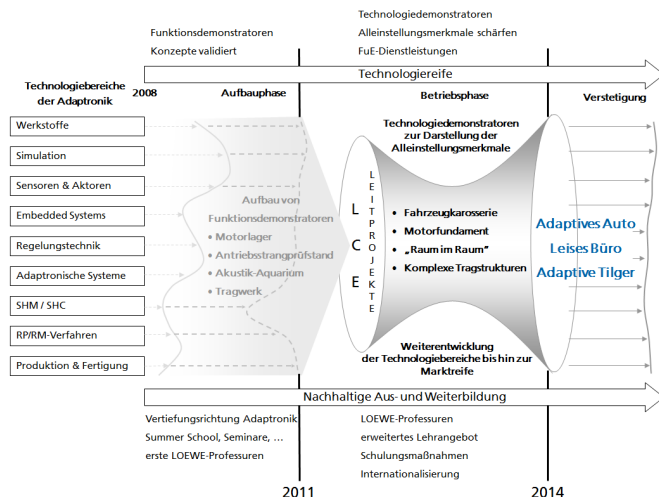


Abbildung 1: Projektstruktur und zeitliche Ausrichtung des LOEWE-Zentrums AdRIA. Neun Technologiebereiche stehen drei Anwendungsszenarien gegenüber.

Ausgewählte Projektergebnisse

Aktives Motorlager

Für einen Opel Astra wurde ein aktives Motorlager realisiert (Abb. 2), mit dem verhindert werden kann, dass die durch den Motor eingeleiteten Schwingungen in die Fahrgastzelle



Abbildung 2: Versuchsfahrzeug Opel Astra mit aktiven Motorlagern.

übertragen werden. Die umgesetzten Motorlager basieren auf einem in AdRIA entwickelten Lagerungskonzept, welches es ermöglicht, die statischen Lagerlasten von den Aktoren weitestgehend zu entkoppeln. Um den hohen Anforderungen an die in den Fahrzeugen verbauten Komponenten gerecht zu werden, wurden die vorab erfolgreich im Prüfstand getesteten Motorlager hinsichtlich des erforderlichen Bauraums und der zu erwartenden Lebensdauer weiterentwickelt. Bezüglich der Lebensdauer wurde dabei die zuvor aus Federstahl gefertigte Membranfeder als kritisches Element identifiziert und nun durch eine Elastomerefeder ersetzt. Zur Auslegung dieser aus Silikon gegossenen Feder wurden Messungen an unterschiedlichen Silikonproben durchgeführt und die Ergebnisse in ein FEM-Modell überführt. Dieses FEM-Modell erlaubt nun die Anpassung der Federsteifigkeit in allen Richtungen, so dass die Feder für die jeweilige Aufgabenstellung angepasst werden kann.

In Abbildung 3 sind die beiden Lager gegenübergestellt. Links ist die ursprüngliche Konstruktion mit Membranfeder, Differenzgeschwindigkeitssensoren und einem Kraftsensor zu sehen. Das rechts abgebildete Lager fällt deutlich kleiner aus, da auf die Sensoren verzichtet wurde und die Elastomerefeder mehr gestalterische Freiheit bietet.

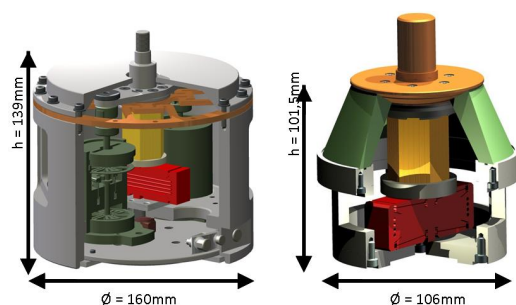


Abbildung 3: Gegenüberstellung der aktiven Motorlager der ersten (links) und zweiten Generation (rechts).

Aktive Beeinflussung eines Doppelglasfensters

Ein weiteres Anwendungsbeispiel war die aktive Beeinflussung des Schwingungs- und Abstrahlverhaltens eines Doppelglasfensters. Dazu wurden zunächst analytische und numerische Modelle des Doppelglasfensters erstellt, mit denen das Schwingungsverhalten der Fensterscheiben (4 mm dick) und der dazwischen eingeschlossenen Gasschicht (8 mm dick) sowie die Interaktion mit den angrenzenden Luftvolumina außerhalb der Fensterscheiben simuliert werden kann, so dass mit Hilfe dieser Modelle aktive Systeme ausgelegt und getestet werden können.

Abbildung 4 zeigt ein solches System zur aktiven Minderung der Schallabstrahlung des Doppelglasfensters mittels applizierter Piezopatches und einer FxLMS-Regelung. Bei ausgewählten Schwingformen/Frequenzen kann der Schalldruckpegel am Fehlermikrofon deutlich gesenkt werden (Abb. 5). Mit der Doppelglasfensterscheibe, die sowohl als validiertes Simulationsmodell als auch als Hardware vorliegt, wurden am Akustikdemonstrator zusätzlich umfangreiche Untersuchungen mit in den Rahmen eingelassenen Lautsprechern auf Basis von elektroaktiven Polymeren (EAP), Shunt-Schaltungen und aktiven Helmholtzresonatoren, die das Schwingungsverhalten des Scheibenzwischenvolumens beeinflussen, durchgeführt.

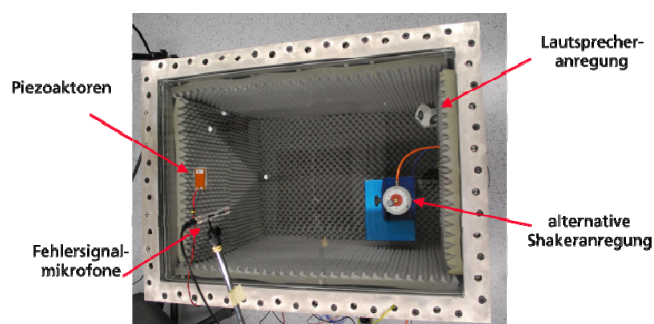


Abbildung 4: Doppelglasfenster mit aktivem System auf dem Akustikdemonstrator.

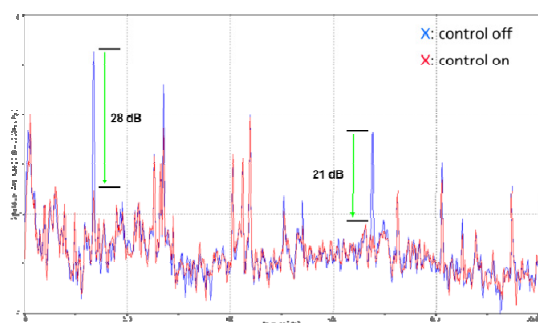


Abbildung 5: Erzielte Reduktion des Schalldruckpegels am Fehlermikrofon.

Adaptive Tilgernetzwerke

Tilger spielen eine wichtige Rolle bei der Schwingungsreduktion in technischen Systemen, da sie als passive Systeme relativ einfach (Feder-Masse-System), preiswert und robust im Vergleich zu anderen Maßnahmen sind. Die Anwendungsgebiete sind vielfältig; als Beispiele seien Luftfahrt, Fahrzeugbau, Bauwesen und Werkzeugmaschinen genannt. Für große Strukturen (z.B. Flugzeuge, Brücken) ist die Verteilung einer größeren Anzahl von Tilgern erforderlich.

Adaptive Tilger sind im Falle veränderlicher Störfrequenzen oder Systemparameter sinnvoll.

Im LOEWE-Zentrum AdRIA wurde an Methoden gearbeitet, verteilte Tilger bereits in der Entwurfsphase technischer Systeme auszulegen. Hierzu wurde unter anderem die Auslegung verteilter Tilger durch numerische Optimierung und Nutzung regelungstechnischer Entwurfsverfahren untersucht. Anhand eines im Projekt aufgebauten Tragwerks wurde dabei untersucht, inwiefern sich die Verteilung von adaptiven Tilgern im Gegensatz zur Anbringung eines konzentrierten Tilgers auswirkt. Es konnte gezeigt werden, dass verteilte, adaptive Tilger bei gleich guter Schwingungsunterdrückung ca. 20% leichter sein können als ein einzelner Tilger. Bereits mit nur 25% der ursprünglichen Masse lassen sich mit adaptiven Tilgern gleich gute Ergebnisse wie mit passiven Tilgern erzielen.

Zusammenfassung

Das LOEWE-Zentrum AdRIA ist 2008 mit der Prämisse gestartet, dass Adaptronik eine der zentralen Schlüsseltechnologien zur nachhaltigen Entwicklung von Produktinnovationen in den Marktfeldern Energie, Mobilität, Umwelt und Gesundheit darstellt. Der adaptronisch erschließbare Performancezuwachs ermöglicht dabei hochgradig innovative und schwer kopierbare Produkte im globalen Wettbewerb. Diese lassen sich optimal für die Beherrschung künftiger globaler Herausforderungen in den Branchen Automobilbau, Energietechnik, Schiffs- und Schienenfahrzeugbau, Maschinen- und Anlagenbau, Bau- und Haustechnik und Medizintechnik, um nur einige zu nennen. Wesentlicher Einsatzzweck der Adaptronik ist dabei die Lärm- und Schwingungsreduktion technischer Strukturen für die vorgenannten Märkte.

Durch seine strategische Ausrichtung auf eine der Schlüsseltechnologien und die Adressierung von globalen Herausforderungen und Megatrends hat sich das LOEWE-Zentrum AdRIA eine einzigartige Stellung in der wissenschaftlichen Community und an der Schnittstelle zur Industrie erarbeitet. Während der Projektlaufzeit wurden anhand komplexer Technologie- und Funktionsdemonstratoren Ingenieurslösungen auf Systemebene zu den Themen Leichtbau, NVH, Lärm und Structure Health Monitoring (SHM) umgesetzt. Bei der Umsetzung der Systemlösungen wurden wesentliche Fragen der Multifunktionalität, Funktions- und Systemintegration sowie Fertigung gelöst. Es konnte sowohl die vorwettbewerbliche Marktreife adaptronischer (System-) Produkte als auch die der jeweiligen Einzeltechnologien nachgewiesen werden. Der interessierte Leser findet weitergehende Information auf der Homepage des LOEWE-Zentrums AdRIA (www.loewe-adria.de).

Danksagung

Das LOEWE-Zentrum AdRIA wird finanziert vom Land Hessen (Förderkennzeichen IIL-518/14.004). Die Autoren dieses Beitrages stehen nur stellvertretend für das AdRIA-Konsortium, die dargestellten Ergebnisse wurden von den Projektpartnern zur Verfügung gestellt. Der Dank geht daher auch explizit an alle an AdRIA beteiligten Mitarbeiter.