

Untersuchungen zum Öffnungs- und Schließgeräusch elektrisch betätigter PKW-Heckklappen

Günther Böhm¹, Wolfgang Foken², Wolfgang Müller³, Ingo Rentzsch²

¹Audi AG, 85045 Ingolstadt, Deutschland, Email: Guenther.Boehm@audi.de

²Westsächsische Hochschule Zwickau, 08056 Zwickau, Deutschland, Email: wolfgang.foken@fh-zwickau.de

³Fahrzeugentwicklung-Sachsen GmbH, 08058 Zwickau, Deutschland, Email: wolfgang.mueller@fes-aes.de

Einleitung

Der Geräuschkomfort spielt bei der Entwicklung von Fahrzeugen, insbesondere von PKW, eine immer größere Rolle. Neben den Geräuschen des Antriebsstranges im PKW-Innenraum rücken Betätigungsgeräusche von Bedienelementen oder auch die Geräusche beim Schließen und Öffnen von Türen und Klappen verstärkt in den Fokus der Akustikingenieure. Für ein effektives Sound-Engineering der Öffnungs- und Schließgeräusche elektrisch betätigter Heckklappen sind exakte Kenntnisse der Wirkkette von der Körperschallentstehung im Schloss, über dessen Weiterleitung in der Türstruktur, bis zur Abstrahlung von der Türoberfläche nötig. An der Westsächsischen Hochschule Zwickau (WHZ) wurden in enger Zusammenarbeit mit der AUDI AG und der FES GmbH ein Akustikprüfstand für Türschlösser entwickelt [1], vergleichende Geräuschanalysen an mehreren PKW [2] vorgenommen und Untersuchungen zum Abstrahlverhalten durchgeführt [3][4].

Generelle Vorgehensweise

Für eine gezielte Beeinflussung der Geräuschqualität der relevanten Öffnungs- bzw. Schließgeräusche werden die Ergebnisse einer Reihe von Untersuchungsmethoden zusammengeführt:

1. Messung der Schwingbeschleunigung an einem Befestigungspunkt des Schlosses im Fahrzeug.
2. Messung des Luftschalls mittels Kunstkopftechnik (Benchmarking, Zielgeräuschevaluation).
3. Messung der Schwingbeschleunigung auf dem Schlossprüfstand (gleicher Befestigungspunkt).
4. Strukturanalyse der Heckklappe (experimentelle Modalanalyse)
5. Untersuchung des Abstrahlmechanismus (Arraytechniken: NS-STSF, Beamforming).

Die Zusammenfassung der Erkenntnisse aus diesen Messungen, unter Einbeziehung einer Zielgeräuschfestlegung, bietet die Möglichkeit, bereits im Konstruktionsprozess sowohl durch geeignete Maßnahmen am Schloss selbst als auch durch Maßnahmen an der Klappenstruktur eine hohe Qualität des Öffnungs- und Schließgeräusches zu erreichen.

Geräuschcharakteristik

Heckklappenschlösser werden in modernen Fahrzeugen mittels Elektromotor betätigt. Im Schloss finden beim Öffnen und Schließen Stoß- und Anschlagereignisse innerhalb eines komplexen Mechanismus statt, die zum Teil

von der Vorspannkraft der Heckklappe abhängig sind. Die einzelnen Körperschallereignisse sind in der Regel auch im Luftschall nachweisbar. Abb. 1 zeigt den Messaufbau zur Luft- und Körperschallmessung im reflexionsarmen Raum der WHZ. Auf einem ausgewählten Befestigungspunkt des Schlosses wurde ein 3D-Beschleunigungsaufnehmer angebracht. Die Vergleichsbeschleunigung zur Beurteilung des Körperschalls ist das geometrische Mittel aus den drei räumlichen Komponenten. Abb. 2 zeigt typische Messergebnisse.



Abb. 1: Messaufbau im reflexionsarmen Raum der WHZ

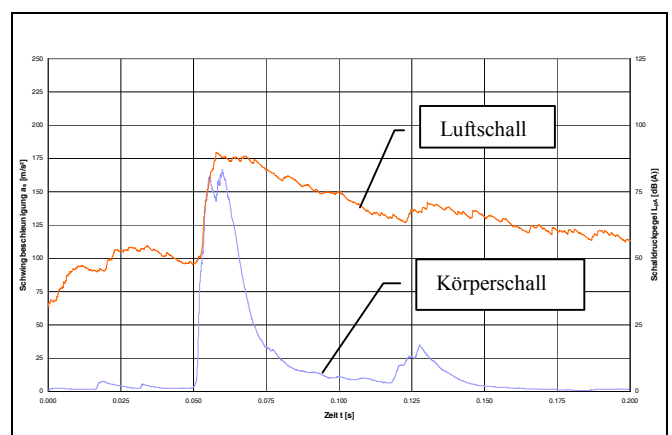


Abb. 2: Typische Zeitfunktionen der Schwingbeschleunigung und des Luftschalls beim Öffnen

Prüfstandsuntersuchungen

Zur Ermittlung der zu erwartenden Körperschalleinleitung in die Heckklappe wurde ein Prüfstand aufgebaut, der die realitätsnahe Simulation des Öffnens und Schließens unterschiedlicher Schlösser ermöglicht. Abb. 3 zeigt den

Schlossprüfstand bei der AUDI AG. Auf dem Prüfstand können alle relevanten Parameter wie Vorspannkraft, Dämpferkennlinie oder Verfahrwege für nahezu beliebige Tür- und Klappenschlösser simuliert werden. Vergleichende Messungen im Fahrzeug und auf dem Prüfstand zeigen hinreichend gute Übereinstimmung (siehe Abb. 4).

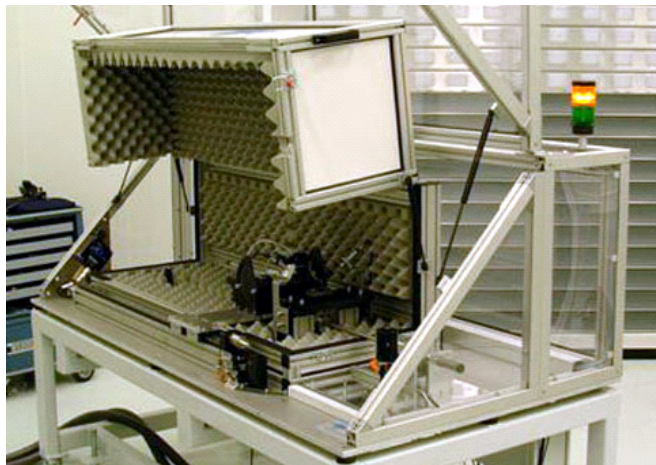


Abb. 3: Schlossprüfstand bei der AUDI AG

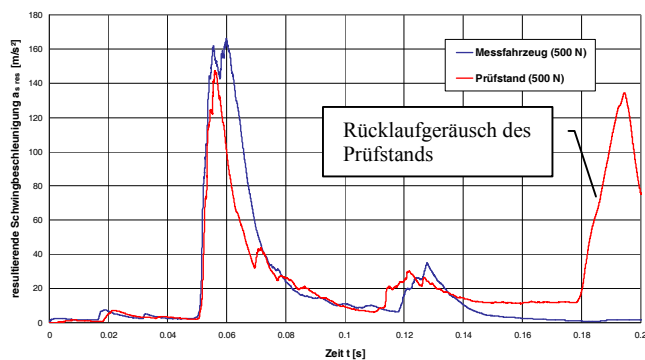


Abb. 4: Vergleich der Schwingbeschleunigung am Befestigungspunkt zwischen Prüfstand und Fahrzeug

Abstrahlcharakteristik

Der im Schloss entstandene Schall wird über die Struktur der Heckklappe an deren Oberfläche abgestrahlt. Die zeitliche und räumliche Charakteristik der Abstrahlung wurde mittels dynamischer Schallquellenortung realisiert. Um einen breiten Frequenzbereich abzudecken, kam sowohl die nicht-stationäre räumliche Schallfeldtransformation (NS-STSF) als auch das Beamforming zum Einsatz. Die Untersuchungen wurden im Freifeldraum am Fraunhoferinstitut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik in Dresden durchgeführt [4]. Die Messungen zur Abstrahlcharakteristik konnten aufgrund der gleichzeitigen Beschleunigungsmessungen am Schloss auch mit den Kunstkopfmessungen zur Bestimmung der Geräuschqualität zeitlich synchronisiert werden. Abb. 6 zeigt die Intensität der Abstrahlung an einer Heckklappe am Anfang und am Ende des elektrisch initialisierten Öffnungsvorganges.

Für ein noch besseres Verständnis, insbesondere der Weiterleitungsmechanismen in der Klappenstruktur, wurden ergänzende Untersuchungen mittels experimenteller Modal-

analyse an Rohbauklappen durchgeführt, die außerdem das Ziel hatten, geeignete konstruktive Maßnahmen zur Verringerung der Schalleitung zu verifizieren.

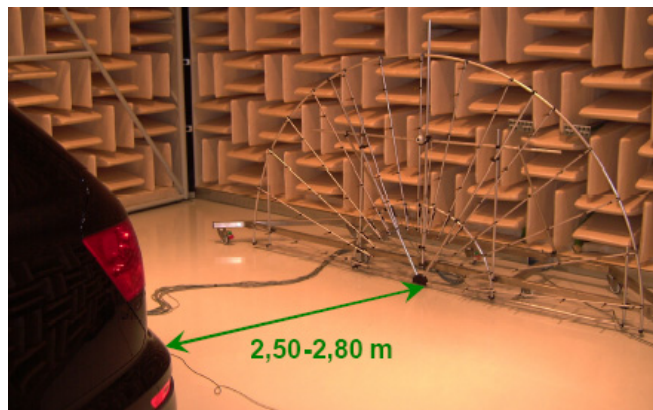


Abb. 5: Messaufbau Beamforming

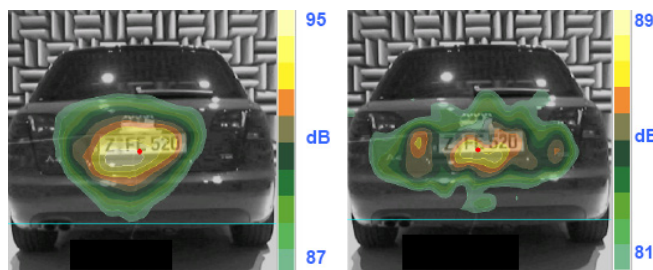


Abb. 6: Schallabstrahlung kurz nach dem auslösen des Öffnungsvorganges (links) und beim Ausschwingen der Struktur der Heckklappe(rechts); Frequenzbereich 1-3kHz (Beamforming)

Zusammenfassung

Im Institut für Kraftfahrzeugtechnik der WHZ ist in enger Zusammenarbeit mit der AUDI AG und der Firma FES GmbH eine Untersuchungsmethodik entstanden, die durch das Zusammenspiel unterschiedlicher Messverfahren eine Möglichkeit schafft, auf der Basis eines gezielten Benchmarking, Zielgeräusche für das Schließen und Öffnen elektrisch betätigter Heckklappen zu entwickeln und diese auch mittels konstruktiver Maßnahmen an Türstrukturen und im Schlossmechanismus zu verifizieren.

Literatur

- [1] Blumhagen, S.: Untersuchungen zum Zusammenhang von Körper- und Luftschall beim Öffnen und Schließen von PKW-Heckklappen. Diplomarbeit, WHZ 2005, Betreuer Prof. W. Foken
- [2] Schlegel, M.: Qualität des Öffnungs- und Schließgeräusches von PKW-Heckklappen. Diplomarbeit, WHZ 2006, Betreuer Prof. W. Foken
- [3] Rentzsch, I.: Untersuchung der Schalleit- und Abstrahlmechanismen beim Öffnen und Schließen von PKW-Heckklappen. Diplomarbeit, WHZ 2006/07, Betreuer Prof. W. Foken
- [4] Quickert, M.; Gnauck, M.: Ergebnisbericht. Fraunhofer Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik, Dresden 2006