

Methoden zur Störgeräuschprävention an PKWs

Klaus Trinkl, Marinus Luegmair

Akustik Center of Competence, P+Z engineering GmbH München, m.luegmair@puz.de

Störgeräusche und ihre Bedeutung

Störgeräusche sind Geräusche die als negativ, schlecht klingend und störend empfunden werden. Sie werden zudem – auch von akustischen Laien – immer mit schlechter oder mangelnder Qualität verbunden.

Zusätzlich wird aufgrund vielfältiger akustischer Maßnahmen das Geräuschniveau im Innenraum eines Fahrzeuges immer geringer, wodurch etwaige Störgeräusche des Interieurs viel leichter in den Vordergrund treten können. Dieser Effekt wird durch die ganze oder teilweise Elektrifizierung des Antriebsstranges zusätzlich weiter verstärkt [1, 2].

Es muss aber zwischen Störgeräuschen und Funktionsgeräuschen unterschieden werden. Funktionsgeräusche liefern die wichtige akustische Rückmeldung an den Bediener, dass eine Funktion korrekt ausgeführt wurde.

Charakterisierung der Störgeräusche

Störgeräusche lassen sich entsprechend ihres Entstehungsmechanismus in zwei Kategorien unterteilen, siehe Abbildung 1.

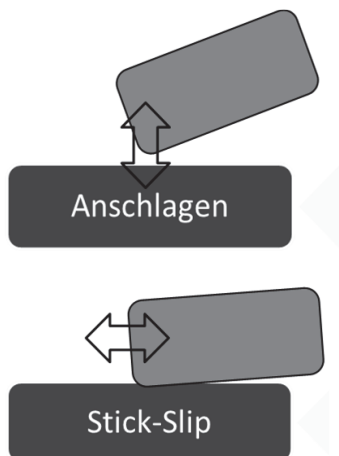


Abbildung 1: Schematische Darstellung der beiden grundlegenden Entstehungsmechanismen von Störgeräuschen

Hierbei führt eine Bewegung der beiden beteiligten Bauteile in Normalenrichtung zu einem Anschlagen und einem Geräusch welches im Weiteren als Klappern bezeichnet wird. Die tangential Bewegung der beiden Kontaktpartner führt wiederum zu einem abwechselnden Haften und Gleiten – dem sogenannten Stick-Slip Effekt – mit dem resultierenden Geräusch welches im Folgenden als Knarzen bezeichnet wird.

Störgeräuschprävention

Störgeräusche können nach dem Beginn der Serienproduktion nur durch äußerst kostenintensive Maßnahmen wie Werkzeugänderungen, den Verbau von Filzen,

speziellen Narbungen oder Lacken beseitigt werden. Diese Maßnahmen können über die Laufzeit eines Fahrzeuges schnell den Bereich von mehreren hunderttausend Euro erreichen [1,3].

Entsprechend ist es das Ziel ein Fahrzeug bereits vor Beginn der Serienproduktion „störgeräuschfrei“ zu gestalten. Dies kann mit den folgenden Entwicklungsschritten erreicht werden.

Problemzonensuche

Bereits in den frühen Phasen des Entwicklungsprozesses – sobald CAD-Daten zur Verfügung stehen – kann mit der gezielten Reduktion der Wahrscheinlichkeit von Störgeräuschen begonnen werden. Hierzu wird der CAD-Datensatz hinsichtlich möglicher Kontaktstellen untersucht. Diese möglichen Kontaktstellen ergeben sich, indem man alle Abstände kleiner als z.B. 5 mm zwischen allen vorhandenen Bauteilen identifiziert. Diese Stellen können durch Fertigungstoleranzen oder Schwingungen in Kontakt kommen, müssen es aber nicht. Anschließend lässt sich sofort mit konstruktiven Maßnahmen entgegensteuern und die Wahrscheinlichkeit von Störgeräuschen erheblich reduzieren.

Die Qualität dieser Art der Analyse hängt von der Qualität der vorhandenen CAD-Daten ab. Besonders die Lage der Bauteile zueinander und ihre Spaltmaße müssen hier sehr kritisch beachtet werden.

Simulation des dynamischen Verhaltens

Um die Wahrscheinlichkeit eines Kontaktes weiter eingrenzen zu können bietet sich als nächster Schritt die Simulation mittels FEM an [3]. Hierbei wird zusätzlich zur Konstruktionslage – die in der Problemzonensuche schon beinhaltet war – auch die Steifigkeit und Masse der Bauteile berücksichtigt. Dies führt zu einer realitätsnahen Abbildung des dynamischen Schwingungsverhaltens. Bei dieser Simulation kann mit entsprechenden Anregungen aus gemessenen Fahrzyklen eine Aussage herausgearbeitet werden ob ein Kontakt stattfindet und wie gravierend dieser ist. Mögliche konstruktive Gegenmaßnahmen können dann mit einer weiteren Simulation schnell und mit geringem Aufwand bewertet werden.

Analog zur Problemzonensuche müssen die FE-Modelle aber auch das nötige Maß an Genauigkeit und Detailgüte aufweisen um die Effekte ordentlich herausarbeiten zu können.

Material- und Oberflächeneinfluss

Auch wenn es zu einem Kontakt kommt ist dies alleine noch kein abschließendes Bewertungskriterium wie kritisch eine Stelle für Störgeräusche ist. Denn abhängig von der Materialpaarung und der Oberflächenbeschaffenheit kann ein Kontakt mehr oder weniger Geräusche entwickeln. So ist

ein Anschlag bei einer Paarung von weichen Materialien etwa weniger kritisch als bei der Kombination von zwei harten Materialien. Analog hierzu hat beim Knarzen sowohl die Materialpaarung als auch die Oberflächenbeschaffenheit einen entscheidenden Einfluss. Gelingt es nämlich durch die Oberflächenstruktur den Stick-Slip Effekt zu reduzieren, so reduziert sich auch die Knarzneigung.

Dieser Einfluss von Oberfläche und Material lässt sich unabhängig von der einzelnen Kontaktstelle und ihrer Geometrie an speziellen Prüfständen untersuchen und somit das Störgeräuschpotential vorab bereits bestimmen. Entsprechend lässt sich aus dieser Datenbank mit Materialpaarungen für eine Kontaktstelle eine besser geeignete Materialkombination auswählen [1].

Zudem kann mit diesem Wissen bei unvermeidbaren Kontaktstellen durch die Änderung der Materialpaarung und der Oberflächenbeschaffenheit die Störgeräuschneigung reduziert werden

Hardwarebeurteilung

Die bisher aufgezeigten Maßnahmen lassen sich bereits vor der Verfügbarkeit von ersten Prototypen durchführen. Sind anschließend Prototypen vorhanden kann entsprechend in eine Störgeräuschbeurteilung dieser eingestiegen werden. Hier wird zwischen der Prüfung einzelner Komponenten auf entsprechenden geräuscharmen Shakern und der Prüfung gesamter Fahrzeuge auf hydraulischen Prüfständen oder auf Schlechtwegstrecken unterschieden. Diese Art der Prüfung liefert durch erfahrene Störgeräuschexperten ohne großen Messaufwand schnell eine Lokalisierung etwaiger Störgeräusche und der beteiligten Bauteile. Es muss jedoch beachtet werden, dass im Interieurbereich aufgrund der vorwiegenden Verwendung von Kunststoffen das Thema Alterung nicht vernachlässigt werden darf. Das dynamische Verhalten eines Kunststoffbauteils – und somit seiner Klapperneigung – kann sich über die Lebensdauer entscheiden ändern. Um dies abzu prüfen müssen die Fahrzeuge simulierten Umwelteinflüssen wie Temperatur, Luftfeuchtigkeit und Sonneneinstrahlung ausgesetzt werden um die Alterung über die Fahrzeuglebensdauer berücksichtigen zu können [1].

Als mögliche Abhilfemaßnahmen stehen erneut die in den anderen Analysestufen genannten Methoden und Verfahren zur Verfügung.

Mit den hier aufgezeigten Präventionsmaßnahmen kann für jede Stufe des Entwicklungsprozesses bzw. für jeden Detaillierungsgrad der Konstruktion – ob virtuell oder in Hardware – Störgeräuschen entgegen gewirkt werden (vergleiche Abbildung 2). So kann ein störgeräuschfreies Fahrzeug erreicht werden ohne das die Kosten für die Beseitigung von Störgeräuschen nach dem Produktionsbeginn anfallen.

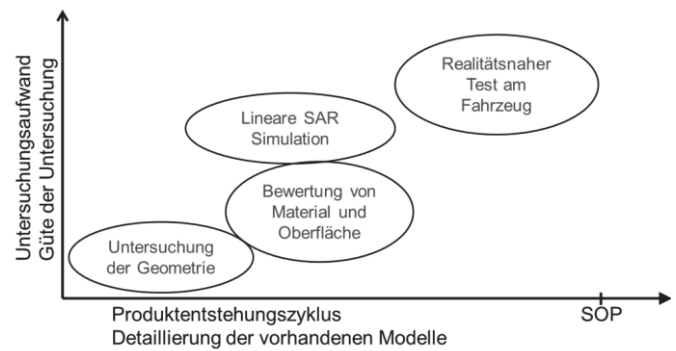


Abbildung 2: Schematische Darstellung der Präventionsmaßnahmen

Zusammenfassung und Ausblick

Störgeräusche sind nach dem Serienstart ein kostenintensives und dem Kunden extrem negativ auffallendes Problem. Um diese Schwierigkeiten gar nicht erst entstehen zu lassen sollte mit einer entsprechenden Vermeidung von Störgeräuschen über den gesamten Produktentwicklungsprozess gegen gesteuert werden.

Mit den beschriebenen Prozessen kann dies effizient und zielgerichtet realisiert werden. Es ist aber ein großes Maß an Erfahrung nötig um die komplexen Zusammenhänge bei Ursachen und Abhilfemaßnahmen zu überblicken und entsprechend schnell und zielgerichtet den Störgeräuschquellen entgegenwirken zu können.

Danksagung

Der Dank der Autoren gilt allen Kollegen aus dem Akustik Center of Competence und der Gruppe Störgeräuschakustik die mit ihrer Erfahrung zum Entstehen dieser Veröffentlichung beigetragen haben.

Literatur

- [1] Trapp, M.; Chen, F.: Automotive Buzz, Squeak and Rattle. Elsevier 2012
- [2] Steinberg, K. F.: Mit allen Sinnen – Das große Buch der Störgeräuschakustik. Copy-us Edition anderswo, 2. Auflage 2004
- [3] M. Luegmair; O. Kornow; J. Herting: Störgeräusche – Vorgehensweisen zur Vermeidung mittels Versuch und Simulation. Herbstworkshop des Fachausschuss Fahrzeugakustik der Deutschen Akustischen Gesellschaft; Bergisch Gladbach, 25. September 2013