

Auralisierung des dynamischen Geräuscheintrags elektrischer Antriebe und Fahrwerksaktuatoren

Mark Nichols¹, Ingo Kruse²

¹ Schaeffler Technologies AG & Co. KG, 91074 Herzogenaurach, E-Mail: mark.nichols@schaeffler.com

² Schaeffler Engineering GmbH, 58791 Werdohl, E-Mail: I.Kruse@schaeffler-engineering.com

Motivation

Bei der Produktentwicklung von Antriebs- und Fahrwerkskomponenten rückt die Frage des Geräuschverhaltens im Zielfahrzeug immer stärker in den Fokus. Idealerweise kann man potentiellen Kunden bereits vor der Applikation in einem Prototypenfahrzeug vorhersagen, wie ein konkretes Produkt in einem Fahrzeug (vgl. Abbildung 1) klingen und bewertet werden würde.



Abbildung 1: Verschiedene Zielfahrzeuge

Für die Geräuschprognose ergeben sich hieraus interessante Möglichkeiten. Es ist wünschenswert, eine qualitative Einschätzung treffen zu können, wie Antriebs- oder Aktuatorgeräusche mit der umgebenden Fahrzeugstruktur interagieren, um so möglichst frühzeitig in der Entwicklung potentiell kritische Betriebspunkte und Wechselwirkungen im Blick zu haben.

Ansatz

Im Rahmen von Transferpfadanalysen (TPA) werden üblicherweise Schnittkräfte an der Grenze zwischen aktiver und passiver Seite des Fahrzeugs direkt oder indirekt ermittelt [1]. Das Übertragungsverhalten des Fahrzeugs wird frequenzabhängig über die verschiedenen Transferpfade abgebildet.

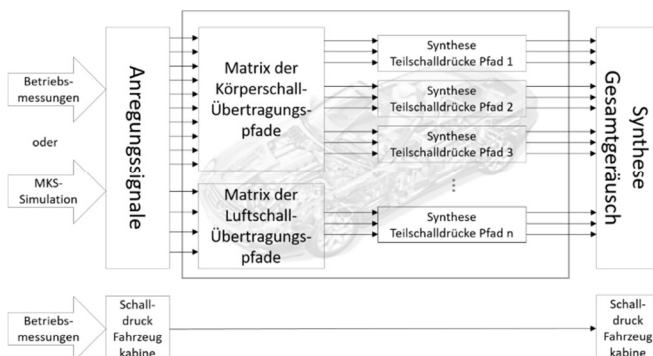


Abbildung 2: Ablauf einer Transferpfadsynthese (schematisch)

Abbildung 2 zeigt schematisch das Vorgehen bei einer Transferpfadsynthese (TPS) im Zeitbereich und nutzt zur Berechnung des Innenraumluftschalls wie in Gleichung (Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.) dargestellt die Anregung (Schnittkräfte) und den Pfad

(Karosserieübertragungsfunktionen). Diese sind mathematisch grundsätzlich austauschbar:

$$P_{\text{Synthese}} = H_{\text{Fzg},i} * F_{\text{Schnitt},j} \quad (1)$$

P_{Synthese} = Berechneter Schalldruck aus TPS im Zeitbereich

$H_{\text{Fzg},i}$ = Matrix der Karosserieübertragungsfunktionen für Fzg. i

$F_{\text{Schnitt},j}$ = Kräfte im Zeitbereich an den Schnittpunkten des Fzg. j

Bei einem Tausch von Schnittkräften („Transplantation“) in ein neues Zielfahrzeug ($j \neq i$) ist die Voraussetzung für ein physikalisch sinnvolles Ergebnis die Verknüpfung an geometrisch gleichen oder ähnlichen Schnittpunkten des Fahrwerks oder Substrukturen. Hierauf ist bei der Durchführung einer Transferpfadanalyse im Zielfahrzeug zu achten. Alternativ ist es natürlich auch denkbar, anstatt von Messungen Schnittkräfte aus einer Simulation zu verwenden.

Durchführung

Ein Tausch der gemessenen Schnittkräfte aus separaten Transferpfadanalysen wurde an zwei Prototypenfahrzeugen durchgeführt (siehe Abbildung 3). Beide Fahrzeuge werden über Radnabenantriebe an der Hinterachse angetrieben. Darüber hinaus ist der Achsaufbau bei beiden Fahrzeugen ähnlich.



Abbildung 3: Tausch der gemessenen Schnittkräfte an der Achse und anschließende TPS

Zunächst wurde die Güte der durchgeführten Transferpfadanalysen anhand von Betriebsmessungen bestimmt. Wie aus Abbildung 4 ersichtlich, lässt sich das Übertragungsverhalten der Struktur über die gemessenen Karosserieübertragungsfunktionen bis 500 Hz gut abbilden.

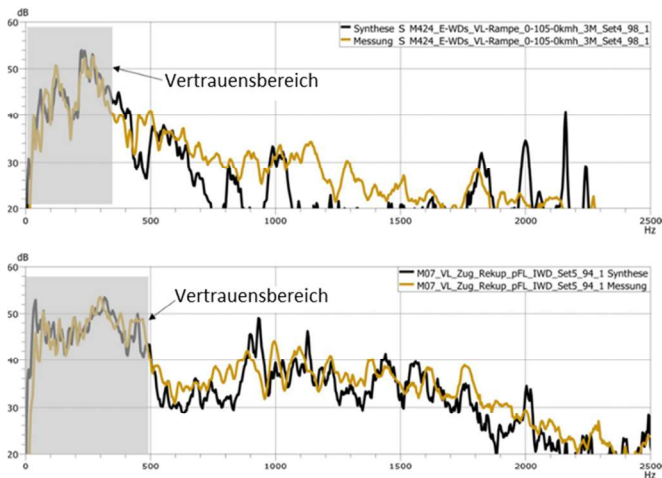


Abbildung 4: Übertragungsfunktion der gemessenen und synthetisierten Betriebsmessung an Fiesta E-WD (oben) und E50 I-WD (unten)

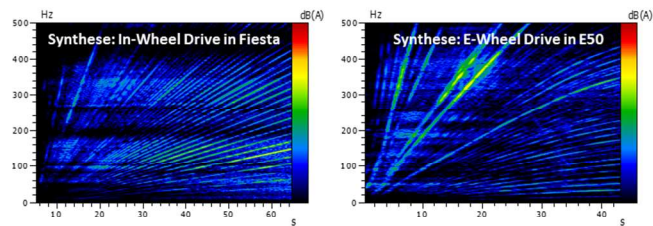


Abbildung 5: Innenraumgeräuschsynthese (FFT über Zeit)

Im Anschluss an die Bestimmung des Vertrauensbereiches kann eine Synthese des Innenraumgeräuschs vorgenommen werden, wie beispielhaft in Abbildung 5 als FFT über Zeit dargestellt.

Zusammenfassung und Ausblick

Anhand zweier unabhängig durchgeführter Transferpfadanalysen und anschließendem Tausch der Schnittkräfte konnte die Auralisierung in einem anderen Zielfahrzeug ermöglicht werden, ohne einen physikalischen Umbau vorzunehmen (virtueller Kreuztausch). Das Verfahren eignet sich generell für qualitative Abschätzungen der Übertragungssensitivität betrachteter Fahrzeuge und besitzt das Potential, eventuell kritische Betriebspunkte bereits früh in der Entwicklungsphase offenlegen zu können.

Literatur

- [1] Zeller, Peter: Handbuch Fahrzeugakustik – Grundlagen, Auslegung, Berechnung, Versuch. Springer Verlag (2018)