

## Übertragung des Getriebeverzahnungsgeräusches von Allradgetrieben

Randolf Arndt<sup>1</sup>, Walter Fliesser<sup>1</sup>, Franz Brandl<sup>2</sup>, Kenan Karaca<sup>3</sup>

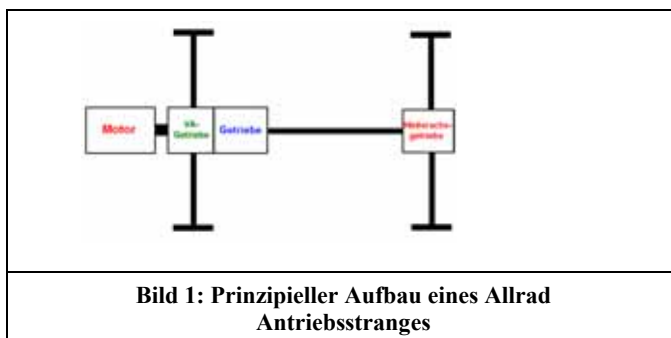
<sup>1</sup> Akustikkompetenzzentrum, A-8010 Graz, Austria, Email: randolf.arndt@accgraz.com

<sup>2</sup>AVL List GmbH, A-8020 Graz, Austria, Email:franz.brandl@avl.com

<sup>3</sup> MAGNA STEYR Fahrzeugtechnik, A-8041 Graz, Austria, Email:kenan.karaca@magnasteyr.com

### Einleitung

Durch die immer leiser werdenden Motoren und Reifen erlangt das Getriebegeräusch auch eine höhere Bedeutung. Insbesondere bei Mittel- und Oberklassefahrzeugen wird vom Kunden erwartet, dass kein Verzahnungsgeräusch mehr im Innenraum hörbar ist. Bei Allradfahrzeugen stellt sich dabei nicht nur die Frage, ob die Hauptursache für das im Innenraum störende Getriebegeräusch in der Verzahnung und / oder in einem ungünstigen Übertragungsverhalten in den Fahrzeuginnenraum zu suchen ist, sondern es muss zusätzlich noch geklärt werden, ob das Vorderachs- oder das Hinterachsgetriebe die Hauptursache für das Geräusch im Innenraum darstellt.



Da die Übersetzungen an Vorder- und Hinterachse genau gleich sind, ist eine genaue Zuordnung nicht allein über die auftretenden Ordnungen möglich, sondern es müssen weitgehendere Geräuschtrennungsverfahren verwendet werden.

### Geräuschtrennung mittels TPA

Bei der Transferpfadanalyse wird die Körper- und Luftschallweiterleitung über vorher zu definierende Pfade untersucht. Dabei sind folgende Teilschritte vorzunehmen:

- Festlegung der zu untersuchenden Übertragungswege und Referenzpunkte
- Empfindlichkeitsmessungen an den Koppelstellen (künstliche Anregung)
- Kraftbestimmung an den Körperschallkoppelstellen im Betrieb
- Bestimmen der Übertragungsweganteile

Nach Durchführung der einzelnen Messungen kann eine Zerlegung des gemessenen Referenzpegels in die Geräuschanteile der einzelnen Übertragungspfade vorgenommen werden:

$$P = \sum_i F_{B_i} \cdot FRF_{K_i} (P_{innen} / F_Q) + \sum_j P_{B_j} \cdot FRF_{K_j} (P_{innen} / P_Q)$$

Legende:

B : Messungen unter Betriebsbedingungen (z.B.: Verzahnungsgeräusch bei Teillasthochlauf)

K : Messungen bei künstlicher Anregung (Shaker oder Impulshammer)

Innen : Referenzpunkt im Innenraum

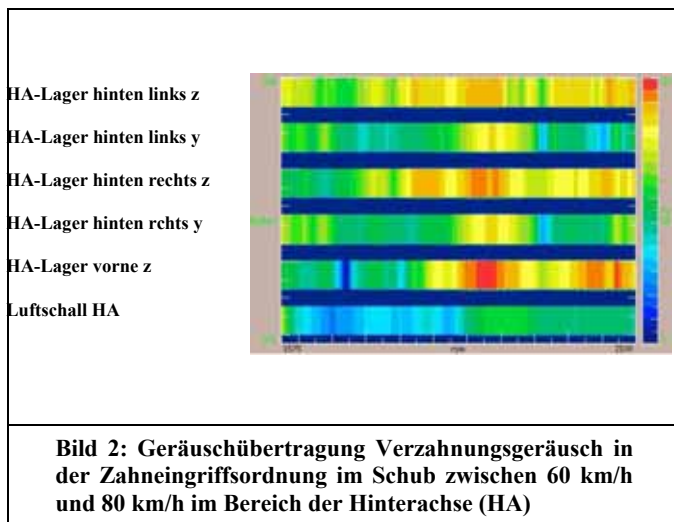
Q : Anregung an der Geräuschquelle

Die Kraftbestimmung erfolgt dabei standardmäßig mit Hilfe der Steifigkeitsmethode:

- Vermessung der dynamischen Steifigkeiten der Übertragungselemente
- Messung der Beschleunigung an beiden Seiten der Übertragungselemente im Betrieb
- Integration zu Verschiebungen
- Ermittlung der Kraft mittels untenstehender Formel

$$F(\omega)_i = k_i(\omega) \cdot [x_{Q_i}(\omega) - x_{A_i}(\omega)]$$

Anschließend kann daraus der Einfluss der einzelnen Übertragungswege auf das Innengeräusch ermittelt werden:



Die Transferpfadanalyse ist aber nicht uneingeschränkt für die Untersuchungen der Geräuschübertragung von Getriebebesingen geeignet, denn es gibt folgende Nachteile:

- Steifigkeitskennlinien können an den meisten Prüfständen nur bis etwa 400 Hz gemessen werden. Die Kraftbestimmung über die Steifigkeitsmethode ist daher meist nicht anwendbar; andere Methoden zur Kraftbestimmung sind aber meistens ungenau.
- Aufgrund der vielen Übertragungswege speziell bei Allrad-Antriebssträngen sind TPA Untersuchungen sehr aufwändig.

## Korrelationsmethode

Aufgrund der Nachteile der Transferpfadanalyse wurde daher im Rahmen eines Forschungsprojektes ein geeignetes Verfahren entwickelt, mit dessen Hilfe auch bei gleicher Zähnezahl einfacher und schneller entschieden werden kann, ob das Vorderachs- oder das Hinterachsgetriebe für das im Innenraum störende Getriebegetöse verantwortlich ist.

### Theorie

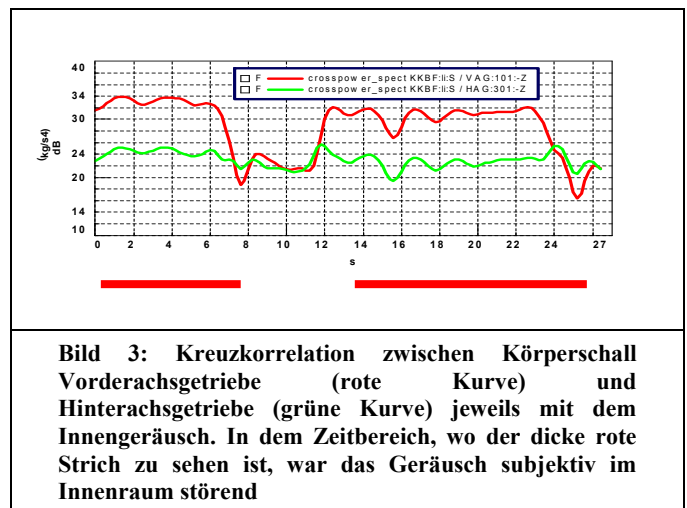
Basis für die Korrelationsanalyse sind die Zeitverläufe der Zahneingriffsordnungen bei konstanten Drehzahlen und veränderlicher Last.

Für die Bestimmung der Geräuschanteile von Vorder- und Hinterachse wird die Kreuzkorrelation für die jeweiligen Zeitsignale der Zahneingriffsordnungen zwischen der Geräuschquelle (z.B.: Körperschall am Hinterachsgetriebe) und der Referenzgröße im Innenraum (z.B.: Innengeräusch am Fahrerohr) gebildet.

Wenn zwischen dieser so ermittelten Kurve und dem subjektiv beurteilten Getriebegetöse eine gute Korrelation besteht, ist dieser Übertragungsweg für das Getriebegetöse relevant.

### Beispielhafte Ergebnisse

Im folgenden Beispiel ist ein Vergleich von je einem Körperschallsignal an Hinterachs- und Vorderachsgetriebe zu sehen:



Das Bild zeigt, dass das Vorderachsgetriebegetöse einen großen Einfluss auf das Innengeräusch hat, denn genau in dem Zeitbereich, wo kein Getriebegetöse im Innenraum störend wahrnehmbar ist, hat die Kreuzkorrelationskurve die niedrigsten Pegel. In den Bereichen mit störendem Geräusch hat auch die Kreuzkorrelationskurve markant höhere Werte. Umgekehrt zeigt der Kurvenverlauf bei der Kreuzkorrelationskurve für das Hinterachsgetriebe, dass hier kaum Zusammenhang zum Innengeräusch besteht. Daraus kann bei diesem Beispiel gefolgert werden, dass zur Verringerung des Getriebegetöses im Innenraum Maßnahmen zur Verringerung der Geräuschübertragung des Vorderachsgetriebes hilfreich sein werden.

## Zusammenfassung

Mit der Korrelationsmethode im Zeitbereich für die Zahneingriffsordnungen liegt nun ein Verfahren vor, mit dessen Hilfe schnell eine qualitative Aussage gefällt werden kann, welches Bauteil für die im Innenraum störenden Getriebegetöse verantwortlich ist und ob der Körperschall- oder der Luftschallpfad dabei dominant ist.

Erst für detailliertere Untersuchungen einzelner Übertragungspfade empfiehlt sich dann zusätzlich die Durchführung einer Transferpfadanalyse.

Wie die noch bestehenden Aufgaben der Transferpfadanalyse (Kraftbestimmung bei hohen Frequenzen oder die Durchführung der Nebenwegkompensation) dabei am besten gelöst werden, wird im Rahmen eines Workshops beim SNVH Kongress in Graz (15.-17.11.2006) diskutiert werden.

## Danksagung

Die Arbeit wurde gefördert durch das österreichische Ministerium für Wirtschaft und Arbeit im Rahmen der industriellen Kompetenzzentren, dem Land Steiermark, der steirischen Wirtschaftsförderung und der Stadt Graz.

Die Arbeiten selbst wurde im Rahmen eines Forschungsprojektes in Zusammenarbeit zwischen ACC, AVL List GmbH und MAGNA STEYR Fahrzeugtechnik durchgeführt