

# Getriebeakustikentwicklung des Mercedes SLS AMG

Michael Lauer, Dr. Marcus Hofmann

Mercedes-AMG GmbH, 71563 Affalterbach, E-Mail:michael\_joachim.lauer@daimler.com,  
marcus.hofmann@daimler.com

## Einleitung

Der im März 2010 in den Markt eingeführte Mercedes SLS AMG, ein Fahrzeug in klassischer Coupéform, basiert auf einer völlig eigenständigen und kompromisslos auf maximale Fahrdynamik ausgelegten Sportwagenplattform.

Das speziell für dieses Fahrzeug ausgelegte und neu entwickelte Antriebsstrangkonzzept setzt sich aus einem vollständig überarbeiteten 6,2 Liter V8 Saugmotor mit Trockensumpfschmierung und einem Siebengang-Doppelkupplungsgetriebe, zu einem sehr steifen Transaxlesystem verblockt, zusammen.

Gerade zur Erfüllung der Mercedes-typischen Maßstäbe an die Akustik stellt ein solches Fahrzeug- und Antriebskonzept eine besondere Herausforderung dar. Insbesondere Getriebe-geräusche sind dabei aufgrund ihrer störenden Charakteristik zu eliminieren. Zudem müssen die sich dem Getriebe anschließenden Komponenten des Antriebs, z.B. die Aggregatlager und Entkopplungselemente, hinsichtlich des Akustik- und Schwingungsverhaltens im Detail aufeinander abgestimmt und optimiert werden. Im Beitrag werden die wesentlichen NVH-Entwicklungsschwerpunkte auf der Getriebeite dargestellt.

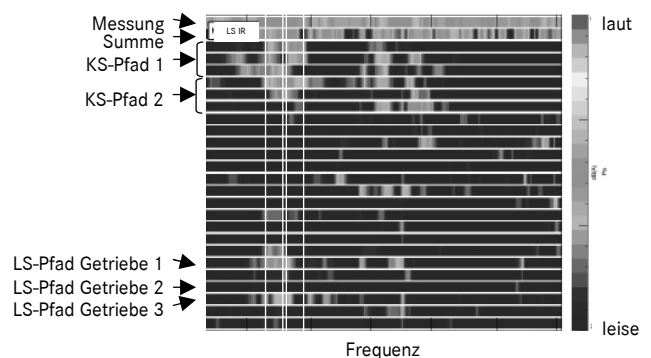
## Methodik Getriebeakustikentwicklung

Für die NVH-Entwicklung ist ein solches Fahrzeug- und Antriebskonzept eine besondere Herausforderung. Zum einen gilt es, den Mercedes-typischen Schwingungs- und Geräuschkomfort sicherzustellen und den Premiumanspruch im Wettbewerbsumfeld einzulösen, zum anderen verlangt ein solcher Supersportwagen einen emotionalen, AMG-typischen Sound, vgl. [2]. Die Entwicklung von Abstellmaßnahmen gegen Triebstrangstörgeräusche trägt zu einem gesteigerten Komfortempfinden wie auch zur Unverfälschtheit des Soundeindrucks bei.

Die Entwicklungsmethodik der Getriebeakustik berücksichtigt dabei unterschiedliche Untersuchungsformen. Zum Einsatz bei der Entwicklung des Mercedes SLS AMG kamen zum Beispiel:

- Berechnung, insbesondere Mehrkörpersimulation und finite Elemente Methode
- Antriebstrangprüfstandsaufbauten
- Fahrzeuguntersuchungen auf der Straße und am Rollenprüfstand
- Betriebsschwingungsanalyse
- Transferpfadanalyse

Bei der Auswahl der Untersuchungsform sind zwei maßgebliche Faktoren ausschlaggebend: Der Zeitpunkt in Relation zum Projektfortschritt und die Komplexität der Fragestellung. *Berechnungen* werden frühstmöglich im Entwicklungsprozess genutzt, um Bauteilauslegungen zu gestalten. Berechnungen der torsionalen Anregungen des Motors fließen beispielsweise in die Dimensionierung des Zweimassenschwungrads ein, finite Elementeverfahren untersuchen die Resonanzen des Transaxle-Antriebsstrangs. Ein Aufbau am *Antriebstrangprüfstand* erlaubt die realitätsnahe Überprüfung von aggregatseitigen Anregungen und Resonanzverhalten bis hin zu *Betriebsschwingungsanalysen*, Aussagen über das Luftschallverhalten werden jedoch erst mit *Fahrzeugmessungen* zuverlässig. Fahrzeuguntersuchungen hingegen erlauben auch die Anwendung komplexer Methoden wie der *Transferpfadanalysen*, siehe Abbildung 1.



**Abbildung 1:** Ergebnisse einer Transferpfaduntersuchung; während der Vergleich der Messung gegenüber der Summation eine Bewertung des TPA-Modells zulässt, zeigen die Pfade die Teilbeiträge (KS=Körperschall, LS=Luftschall).

Phänomene mit vielfältigen Pfaden des Schalls von der Anregung bis hin zur Abstrahlung, können so methodisch analysiert werden und erlaubt die Auswahl geeigneter Optimierungen. Bei der Entwicklung des Mercedes SLS AMG sind alle diese Untersuchungsformen genutzt worden, um mit möglichst wenigen Sekundärmaßnahmen eine begeisternde Performance und einen minimalen Verbrauch zu erzielen und gleichzeitig die gesetzten Ziele für Komfort und Sound zu realisieren, s. [1].

## Getriebeakustik des Doppelkupplungsgetriebes

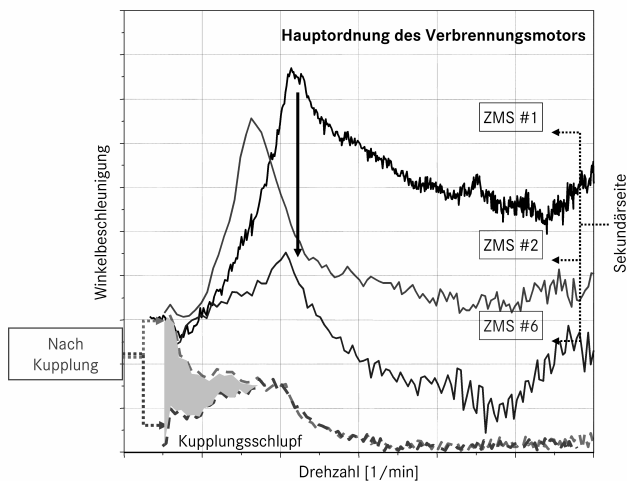
Das AMG SPEEDSHIFT DCT Sportgetriebe des Mercedes SLS AMG ist ein Doppelkupplungsgetriebe, welches speziell auf die Anforderungen eines Supersportwagens ausgelegt ist. Dabei gilt es, den Spagat zwischen dem breitem Drehzahlbereich durch das Hochdrehzahlkonzept

und dem hohen Drehmoment zu lösen. Mit einer leistungsfähigen Hydraulik werden sowohl schnellste Kupplungs- und Gangwechsel der Gänge für den Rennstreckenbetrieb wie auch zugkraftunterbrechungsfreie Schaltungen für komfortables Gleiten im Verkehr realisiert, vgl. [3].

Das eingesetzte Doppelkupplungsgetriebe besitzt zwei Teilgetriebe mit jeweils einer Zwischenwelle. Der Achsantrieb mit Sperrdifferenzial ist im Gehäuse integriert, ebenso die komplexe Hydraulik und Steuerung. Durch die integrierte Bauweise des Getriebes sind im Rahmen der Akustikentwicklung gleichberechtigt Hydraulikgeräusche, mechanische Betätigungsgeräusche der Schaltaktoren, Zahneingriffsgeräusche aus dem Pumpenantrieb, dem Radsatz und dem Triebatz, Rasselgeräusche der Stirnradgruppen und Schwingungen aus der Kupplung zu betrachten. Diese Störgeräusche sind zu eliminieren, wobei sich tonale Geräusche, insbesondere aus den Verzahnungen, mit klarem Ordnungszusammenhang von Rasselgeräuschen mit nahezu stochastischer Impulsfolge unterscheiden.

Getrieberasseln unter Last ist ein Geräuschphänomen, welches bei Verbrennungsmotoren in der Kombination mit stirnradverzahnten Getrieben immer auftreten kann. Ab einem getriebetypspezifischen Grenzwert überschreiten die durch den Motor eingeleiteten Drehschwingungsamplituden die Rasselgrenze des Getriebes. Dabei tritt das Rasseln hin zu höheren Momenten durch Zunahme der Anregung und hin zu höheren Getriebeöltemperaturen durch die Abnahme der ölbedingten Dämpfung verstärkt auf.

Bei der Entwicklung des Mercedes SLS AMG ist zur Isolation der Drehschwingung ein Zweimassenschwungrad eingesetzt. Innerhalb der typischen Parameter von Federsteifigkeit, Massenträgheit und Grundreibung ist eine optimale Auslegung erarbeitet, siehe Abbildung 2.



**Abbildung 2:** Senkung der torsionalen Anregungspegel durch die Wahl der Parameter des Zweimassenschwungrads (durchgezogene Linien) und durch die Steuerung des Schlupfs in der Kupplung, (gepunktete Linien).

Um den dynamischen Ansprüchen an Drehfreudigkeit und Ansprechverhalten an das Fahrzeug gerecht zu werden, kann nicht auf die maximal realisierbare Massenträgheit im

Triebstrang zurückgegriffen werden. Stattdessen wird mittels Schlupfansteuerung in der Kupplung eine zusätzliche bedarfsgerechte Drehschwingungsentkopplung zwischen Motor und Getriebe gewährleistet, so dass in Verbindung mit dem Entkopplungsvermögen des Zweimassenschwungrads Getrieberasseln ausgeschlossen wird.

Die Betriebsgeräusche der Getriebehydraulik wurden mit klassischen akustischen Sekundärmaßnahmen auf ein sehr gutes Niveau gebracht. Wie auch beim Motor wurde mit optimierten Entkopplungselementen und mit sparsam eingesetzten Dämmstoffen ein akzeptabler Innengeräuschpegel erzielt, ohne die Gewichtsbilanz des Fahrzeugs zu sehr zu beeinflussen.

Anders als Hydraulikgeräusche besitzen Zahneingriffsgeräusche bei schrägverzahnten Stirnrädern eine einzelne dominante Ordnung. Pegelunterschiede im Ordnungsverlauf über der Drehzahl können durch ihre tonale Charakteristik unangenehm auffallen. Zugleich kann bei einem Supersportwagen wie dem Mercedes SLS AMG durch die Herausforderungen an Leichtbau und Package keine umfassende Lösung durch Sekundärmaßnahmen erfolgen. Die Reduktion der Zahneingriffsgeräusche wird mittels einzelner Korrekturen der Mikrogeometrie der Verzahnung der Gänge erreicht. Dieser Optimierungsprozess ist unterstützt mit subjektiven Bewertungen und messtechnische Objektivierungen im Fahrversuch, über Tragbildanalysen und begleitende Verzahnungsberechnungen bis hin zur akustischen Abprüfung der einzelnen Maßnahmen auf dem Getriebeprüfstand. Die akustische Absicherung fußt auf den vom VDA vorgeschlagenen Handlungsschritten, s. [4].

Bereits in der Entwicklungsphase ist der Serienabnahmeprüfstand mit in die Betrachtung der jeweiligen Grenzlagengetriebe einbezogen, um eine Korrelation zwischen den Messungen des Getriebes am Serienabnahmeprüfstand und der subjektiven Bewertung im Fahrzeug schon vor Serienanlauf herstellen und damit eine Anpassung des akustischen Prüfprozesses und eine robuste akustische Produktionsqualität sicherstellen zu können.

## Literatur

- [1] Gindele, J.: „Der 6,2l V8 im SLS AMG – Verbrauchspotenziale“, 19. Aachener Kolloquium Fahrzeug- und Motorentechnik, 2010, Aachen
- [2] Hofmann, M.: „NVH-Entwicklung Mercedes SLS AMG“, Aachener Akustik Kolloquium, 2010, Aachen
- [3] Hart, M., “Extreme shift times and high comfort with the DCT are not a contradiction - The function development and application of the DCT in the Mercedes-Benz SLS AMG”, Band 2081, Getriebe in Fahrzeugen, Friedrichshafen, 2010
- [4] Verband der Automobilindustrie, e..V. (VDA): „Handlungsabfolge Korrelation Getriebegetöse Prüfstand <-> Fahrzeug“, VDA-Empfehlung VDA 264, Frankfurt, 2003