

## Aeroakustik des neuen S-Klasse Coupés

Gerhard Algermissen<sup>1</sup>

<sup>1</sup> DaimlerChrysler AG, 71059 Sindelfingen, Deutschland, Email: gerhard.algermissen@daimlerchrysler.com

### Einleitung

Die Mercedes-Benz CL-Klasse hat den Anspruch, große Dynamik mit allerhöchstem Komfort zu verbinden. Um auch bei höheren Fahrtgeschwindigkeiten sehr guten Geräuschkomfort bieten zu können, ist es erforderlich, ein äußerst niedriges Windgeräuschniveau zu erzielen. In den verschiedenen Phasen des Produktentstehungsprozesses wurde gezielt die Entstehung von Windgeräuschen und deren Übertragung in den Innenraum minimiert. Die wichtigsten Entwicklungsschritte und Maßnahmen werden im Folgenden angesprochen.

### Zielsetzung

Neben einem niedrigen Summenpegel (dB(A)-Wert) wurden niedrige Windgeräuschpegel über alle hörbaren Frequenzbereiche angestrebt. So sollte zusätzlich zu einem guten qualitativen Eindruck auch eine sehr gute Sprachverständlichkeit gewährleistet werden. Der qualitative Windgeräuscheindruck wird nicht nur vom Geräuschpegel, sondern auch durch den räumlichen Höreindruck und durch Geräuschschwankungen beeinflusst. Insbesondere galt es, tieffrequente „Grummelgeräusche“ sowie auffälliges Rauschen und Zischeln zu vermeiden. Zusammen mit dem angestrebten niedrigen Geräuschniveau stellte die Vermeidung von lokalen Störgeräuschen eine gewaltige Herausforderung dar, da bei einem geringen Hintergrundgeräusch selbst schwache Störquellen wahrnehmbar werden.

### Aeroakustische Entwicklung

Um bestmögliche Ergebnisse zu erzielen wurde über den gesamten Produktentstehungsprozess hinweg aeroakustische Optimierung betrieben. Bei der Konzeptfestlegung flossen Erfahrungen vom Vorgängerfahrzeug ein. So wurden z. B. Rohbaukonzepte mit geringerer Toleranz spezifiziert und Türscharniere mit exakterer Führung konzipiert. Bei der Formgestaltung wurde auf möglichst geringe Windgeräuschentstehung geachtet. Die dafür notwendigen Untersuchungen erfolgten an den 1:1-Design-Modellen sowie an einem speziellen 1:1 Aerodynamik-Modell im Aeroakustik-Windkanal (Abbildung 1). Erste strukturakustische Untersuchungen und Optimierungen wurden an frühen Versuchsaufbauten mit komplettem Fahrzeugrohbau durchgeführt. An den Prototypen wurde Dämmung, Dämpfung und Abdichtung optiert. Die Feinanpassung der Dichtungen wurde bis in die Phasen der Produktionstests weitergeführt. Während der Serienproduktion garantieren Qualitätskontrollen am Bandende und Überprüfung von Stichproben im Windkanal für einen gleich bleibend hohen Windgeräuschkomfort.



Abbildung 1: 1:1-Aerodynamik-Modell für Detailoptimierung des Exterieurs im Aeroakustik-Windkanal.

### Messung mit flächenerfassenden Hohlspiegel

Eine Besonderheit bei aeroakustischer Optimierung der Form stellt der Einsatz eines flächenerfassenden akustischen Hohlspiegels im Aeroakustik-Windkanal dar (Abbildung 2). Durch ein Feld von Mikrofonen in der Brennebene kann die Schallabstrahlung von ganzen Flächen des Fahrzeuges simultan erfasst werden. Diese flächige Information erlaubt eine schnelle Ortung und quantitative Bewertung aeroakustischer Quellen. Aufgrund von Korrelationsmessungen mit akustischen Kunstköpfen an Serienfahrzeugen (Abbildung 3) ist der Zusammenhang zum Innengeräusch bekannt. Dies ist besonders wichtig, da der größte Teil der aeroakustischen Formoptimierung an geschlossenen 1:1-Modellen erfolgt. Anhand der Hohlspiegelergebnisse kann trotzdem die Form speziell auf niedrige Innengeräusche hin optimiert werden.



Abbildung 2: CL-Klasse im Aeroakustik-Windkanal mit flächenerfassendem Hohlspiegel zur Erfassung der Windgeräuschquellen.



**Abbildung 3:** Akustische Kunstköpfe in einem Serienfahrzeug zur simultanen Erfassung der Innengeräusche.

### Optimierungslösungen

Mit Hilfe des flächenerfassenden akustischen Hohlspiegels wurde ein A-Säulenquerschnitt erarbeitet, der zu deutlich geringeren Windgeräuschen führt als der ursprüngliche Designentwurf. Zusätzlich wurde die Empfindlichkeit hinsichtlich Schräganströmung stark reduziert. D. h. bei ungleichmäßigen Anströmbedingungen – wie sie in der Realität durch Wind und den Einfluss anderer Fahrzeuge häufig auftreten – ist das Windgeräusch gleichmäßiger und damit angenehmer. Besonderes Augenmerk galt der Gestaltung des Wasserabweisers und seiner Dichtung zur Windschutzscheibe. In aufwendiger Detailarbeit wurde deren Form so ausgearbeitet, dass einerseits nur geringe Windgeräusche entstehen, andererseits Freihaltung der Seitenscheiben von Regen und Schmutz gewährleistet ist.

Die Windgeräuschenstehung an den Scheibenwischern im Ruhezustand ist durch ihre tiefe Ablage im Wischerschacht weitgehend ausgeschlossen.

Der Außenspiegel wurde von der S-Klasse übernommen. Er ist hinsichtlich Aeroakustik, Schmutzfreihaltung und Luftkräften optimal ausgelegt. Auch ohne Turbulenzgeneratoren erzeugt der Spiegel keine Pfeifgeräusche.

Windgeräusche entstehen insbesondere bei Coupé-Formen auch am Spalt zwischen Heckscheibe und Heckdeckel. Zu deren Reduzierung wurden Lippen sowohl am Heckdeckel wie auch an der Heckscheibenumspritzung angeformt.

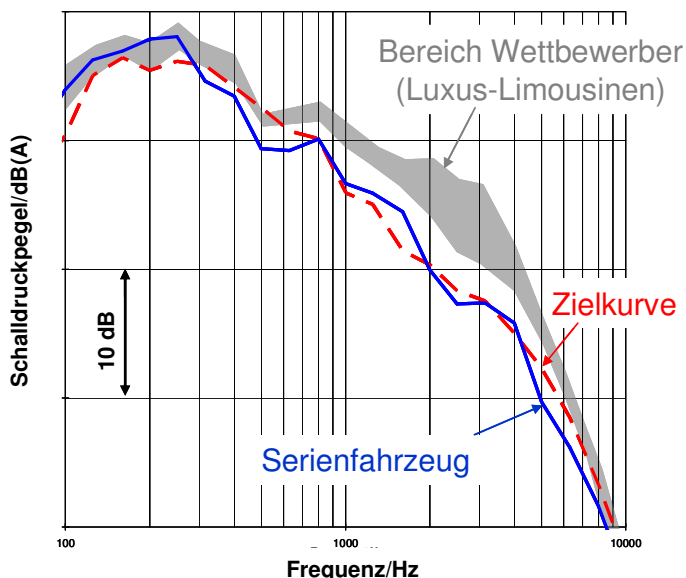
Einen weiteren Beitrag zu sehr gutem Windgeräuschkomfort lieferte die gezielte Beeinflussung der Übertragungswege in den Fahrgastraum durch:

- Aufwändige Detailanpassung an den hochwertigen Tür- und Fensterdichtungen
- Kurzhub an den Seitenscheiben zur optimalen Dichtung und Dämmung
- Seitenfenster aus 6 mm starken Verbundglas-Sicherheits scheiben
- Windschutzscheibe aus 5 mm Akustik-Verbundglas-Sicherheits scheiben
- gezielte Rohbauabdichtung
- eine steife Rohbaustruktur

- hochwertige Entdröhnbeläge auf den Türbeplanungen

### Ergebnis

Die Summe aller Bemühungen führte zu einem Fahrzeug mit äußerst geringem Windgeräuschniveau. Abbildung 4 zeigt den Schalldruckpegel am linken Fahrerohr für eine CL-Klasse aus der Serie verglichen mit der Zielkurve aus dem Lastenheft und verglichen mit Luxus-Limousinen aus dem Wettbewerb. Das selbst definierte Ziel wurde sehr gut erreicht und die Schalldruckpegel der Wettbewerbsfahrzeuge im größten Frequenzbereich merklich unterschritten. Zusätzlich zu diesen quantitativen Messungen wurden Probandenuntersuchungen im Hörlabor mit 50 Testpersonen durchgeführt. Ihre subjektive Bewertung der Windgeräuschaufnahmen aus dem Aeroakustik-Windkanal bestätigte die Messkurven. Die CL-Klasse wird – gleich nach dem Maybach – als das Fahrzeug mit dem höchsten Windgeräuschkomfort wahrgenommen.



**Abbildung 4:** Terzspektrum Windgeräusch bei  $v=140$  km/h am linken Fahrerohr für Serienfahrzeug der CL-Klasse im Vergleich mit Zielkurve und mit Wettbewerbern.