

Die Karosserie und die Passive Sicherheit: Höchste Stabilität und beste Leichtbaugüte

Hohe Crashesicherheit, Leichtbau, überragende Steifigkeit für ein hervorragendes Fahrverhalten bei gleichzeitig bestem Geräusch- und Schwingungskomfort – das waren die Entwicklungsziele beim Rohbau der neuen S-Klasse. Durch Anwendung des 3 D Body Engineering Ansatzes besitzt sie den Aluminium-Hybrid-Rohbau der dritten Generation. Die Leichtbaugüte – die Torsionssteifigkeit im Verhältnis zu Gewicht und Fahrzeuggröße – wurde gegenüber dem Vorgänger um 50 Prozent verbessert.

Der Rohbau stellt funktional das Rückgrat des Fahrzeugs dar. Alle gesetzlichen, rating-relevanten und internen Crashlastfälle werden erfüllt und auch zukünftige Anforderungen sind bereits berücksichtigt. Zur weiteren Umsetzung eines höheren Federungskomforts mussten die wirkenden Schnittkräfte an den Krafteinleitungspunkten im Rohbau erhöht werden. Über eine entsprechende Bauteilgestaltung und besondere Fügetechnik im Rohbau wurden auch diese Anforderungen erfüllt. Die Leichtbaugüte wurde gegenüber dem Vorgänger um 50 Prozent verbessert. Dieser Kennwert setzt die Verwindungssteifigkeit in Bezug zur Standfläche des Fahrzeugs und zu seinem Gewicht. Dazu wurden alle relevanten Knotenbereiche hinsichtlich des Kraftflusses optimiert und gezielt verstärkt.

Ziel der NVH-Auslegung des Rohbaus war es, den bereits sehr guten Vorgänger in puncto Schwingungs- und Akustikkomfort zu übertreffen, ohne dabei auf intelligenten Leichtbau zu verzichten. Die Rohbaustruktur der neuen S-Klasse erreicht neue Bestwerte bei der dynamischen Steifigkeit dank neuer Strukturkonzepte und spezieller NVH-Rohbaumaßnahmen.

Dazu zählen unter anderem:

- Integrales NVH-Vorbaukonzept, bestehend aus Längsträgern aus Alu-Strangpressprofilen, Alu-Gusselementen am Übergang Vorbau/Zelle und am Dämpferdom, Integralträger als schwingungstechnisch mittragendes Element
- Erhöhter Einsatz von Streben zur gezielten Steifigkeitserhöhung
- Rückwand und Cockpitquerträger in Metall-Kunststoff-Hybridbauweise
- Einsatz rohbauversteifender Schäumlinge in A-/B-/C-Säule.

Trotz gestiegener Anforderungen: Keine Gewichtserhöhung seit 20 Jahren

Seit der Entwicklung der BR 220 in den 1990er Jahren wurde der hybride Leichtbau mit einem optimal abgestimmten Materialmix zum Aluminium-Hybrid-Rohbau weiter entwickelt. In dieser Zeit stieg der Aluminiumanteil auf über 50 Prozent. Unter anderem deshalb konnte das Gewicht der Karosserie seit 20 Jahren trotz erheblich gesteigener Sicherheits- und Komfortansprüche und zusätzlicher Funktionen gehalten bzw. sogar leicht gesenkt werden. Zusätzlich kommen in der neuen Baureihe punktuell in Knotenbereichen wirkende Strukturschäume zum Einsatz. Die komplette Außenhaut der S-Klasse einschließlich des Dachs sowie der Karosserie-Vorbau bestehen aus Aluminium. Der hohe Aluminiumanteil wurde durch Nutzung der kompletten Halbzeugpalette (Guss, Strangpress, Blech) möglich. Die Sicherheits-Fahrgastzelle zeichnet sich durch die intensive Verwendung von höchstfesten Stählen aus.

Dieser Material- und Formleichtbau mit hoher Komplexität in der Fügetechnik führt dazu, dass die neue S-Klasse den Maßstab im anspruchsvollen Segment der Luxus-Limousinen nach oben verschiebt – und das ohne Mehrgewicht. Mit einer Verwindungssteifigkeit von 40,5 kN/Grad (Vorgänger: 27,5 kN/Grad) erreicht die S-Klasse einen neuen Bestwert in ihrem Segment.

Blick auf die Fahrdynamik: Leichtbaumaßnahmen

Der Vorbau ist eine der bevorzugten Leichtbauzonen, um eine ausgewogene Gewichtsverteilung des Gesamtfahrzeugs zu erreichen. So wurde frühzeitig entschieden, in diesem Bereich Aluminium als Leichtbaumaterial einzusetzen. Gegenüber einem Vorbau aus Stahl konnte neben der Gewichtseinsparung auch

eine deutliche Steigerung der Crash- und NVH-Performance erreicht werden. Neben Aluminiumblech werden auch Aluminiumguss und Aluminiumstrangpressprofile eingesetzt. Für die Dämpferbeinkonsole wurde aufgrund der guten Integrationseigenschaft Aluminiumdruckguss gewählt. So wurde zum Beispiel die Anbindung des Frontmoduls ohne zusätzliche Halter umgesetzt. Neben der Bauteilreduzierung bietet Druckguss auch die Möglichkeit, das Bauteil beanspruchungsgerecht auszulegen. Durch morphologische Untersuchungen wurden die Wanddicken und der geometrische Verlauf des Bauteils so ausgelegt, dass die hohen funktionalen Anforderungen punktgenau erfüllt werden.

Ergänzend zur lokalen Optimierung der Einleitungssteifigkeiten an der Dämpferbeinkonsole und am Integralträger wurde zur weiteren Verbesserung im Gesamtsystem ein funktionsübergreifender Lastpfad geschaffen. Die in X-Richtung von der Dämpferbeinkonsole zum Querträger unter Windschutz verlaufenden Aluminium-Streben dienen zur Unterstützung beim Crash. Ergänzt um ein mehrteiliges Fachwerk, dienen diese Streben gleichzeitig zur Unterdrückung der Y-Bewegung der Längsträger. Durch diese Bauweise war es möglich, den neuen Lastpfad in den eingeschränkten Packagebauräumen im Vorbau unterzubringen. Die Einleitung der Kräfte in die Rohbaustruktur erfolgt in den dreiteiligen Querträger unter Windschutz, der im mittleren Teil als Alugussbauteil ausgelegt worden ist. Auch hier ermöglicht das Gussteil die funktional perfekte Anbindung mit deutlichen Gewichts- und Bauraumvorteilen.

Die Längsträger wurden als kombinierte Alu-Strangpress-/Gusslösung ausgelegt, um auch hier ein Optimum aus Crashperformance, Steifigkeit und Bauteilintegration zu erreichen. Die aus Package-Gründen notwendigen Verprägungen des Alu-Strangpressprofils der Längsträger wurden so ausgelegt, dass gleichzeitig das Falverhalten im Crash positiv beeinflusst wird. Der durch einen Schäumling geschlossene Hohlraum wird außerdem als Resonanzvolumen für das Frontbasssystem verwendet. Der Anschluss der Längsträger an die Stahl-Fahrgastzelle erfolgt über Alu-Gussbauteile, die eine sehr steife Anbindung und die Integration der Integralträgeranbindung ermöglichen.

Kombination: Anspruchsvolle Fügetechnik von Stahl und Alu

Der Bereich der Stirnwand wurde als Stahlblechkonstruktion umgesetzt. Neben der optimalen Erfüllung der funktionalen Anforderungen konnte hier die anspruchsvolle Hybridfügestelle zwischen Aluminiumvorbau und Stahlzelle integriert werden. Eine besondere Herausforderung stellte dabei die mechanische Fügetechnik zu den modernen höchstfesten Stählen dar.

Neben dem Vorbau werden auch die Integralträger in Aluminium mit dem niedrigsten Gewicht in ihrer Klasse umgesetzt. Zusätzlich zu seiner Funktion als Aggregateträger für eine Vielzahl von Aggregaten ist der Integralträger ein zentraler Baustein der Vorbaustruktur zur Erfüllung der Crash- und NVH-Funktionen. Gegenüber der Vorgängerbaureihe wird neben Motor, Lenkung, Drehstab und Vorderachse auch das komplette Kühlmodul am Integralträger befestigt. Die Längsträger des Integralträgers bilden außerdem den dritten Crashlastpfad im Vorbau. Zur Erfüllung dieser vielfältigen Anforderungen bei gleichzeitigem Leichtbau war es notwendig, auch hier eine komplexe Aluminium-Mischbauweise aus Druck-/Kokillenguss, Strangpressprofilen und Blechteilen umzusetzen.

Das Dach stellt eine weitere Leichtbauzone dar, da eine Reduzierung der Masse in diesem Bereich sich positiv auf die Schwerpunktlage des Fahrzeugs und auf das NVH-Verhalten (schwingbare Masse) auswirkt. Erstmals bei Mercedes-Benz besitzt die neue S-Klasse ein Aluminium-Dach. Die besondere Herausforderung ist die Integration des Daches in eine Stahlstruktur. Dieses wurde durch eine effiziente und einfache Montagelösung im Rohbau gelöst. Dabei wird das Dach im Rohbau mit Hilfe von Laschen auf der Rohbaustruktur in einem definierten Abstand für den Fabrikdurchlauf fixiert. Aufgrund des sich bildenden Spalts zwischen Rohbaustruktur und Dach wird sichergestellt, dass die Bauteile bei der kathodischen Tauchlackierung (KTL) vollständig beschichtet werden.

Eine besondere Leichtbaumaßnahme ist die Anwendung von Strukturschäumlingen an funktional kritischen Knotenbereichen zur Realisierung einer hohen NVH-Performance. Vorabuntersuchungen haben gezeigt, dass eine vergleichbare Performance nur durch massive Verstärkungen, die teilweise einseitige Fügeverfahren erfordert hätten, erreicht worden wäre. Solche Verstärkungen hätten eine zweistellige Gewichtserhöhung der Rohbaukarosserie bedeutet. Durch die Funktionsweise der Schäumlinge ist es möglich, diese genau an den funktional kritischen Knotenbereichen zu positionieren. Denn auf produktionsspezifische Belange, wie

beispielsweise Beschränkungen der Fügetechnik oder die Fügereihenfolge der Bauteile, muss keine Rücksicht genommen werden. Des Weiteren können auch Querschnitte mit mehreren Kammern kraftschlüssig miteinander verbunden werden.

Sicherheit zuerst: Fahrgastzelle aus hochfesten Stählen

Die Sicherheitsfahrgastzelle besteht primär aus Stahl. Durch den Einsatz von höheren Stahlgüten konnte das Gewicht gegenüber dem Vorgänger konstant gehalten werden, obwohl erheblich höhere Crashanforderungen (schräger Mast) und höhere NVH-Anforderungen erfüllt werden. Alle relevanten Bauteile wurden hinsichtlich der Materialgüte um eine Güteklasse erhöht. So werden im Bereich der B-Säule, Dachrahmen und Tunnelverstärkung ultrahochfeste warmumgeformte Stähle, die gewichtsoptimiert als tailored products mit unterschiedlichen Blechdicken ausgeführt sind, eingesetzt. Im Bereich des unteren Längsträgers wird erstmalig ein ultrahochfester Stahl (CP 1000) als rollprofiliertes Bauteil eingesetzt. Unterstützt wird dieser Materialleichtbau im Stahl auch durch den Formleichtbau. Dazu zählt zum Beispiel die Ausbildung einer kraftschlüssigen Anbindung zwischen der C-Säule und dem Heckmittelstück, die eine effiziente Abstützung der Längsträger des Heckwagens bei der Fahrzeugbiegung ermöglicht.

Bei Anbauteilen wie Kotflügel, Motorhaube und Heckdeckel wurde der schon in den Vorgängerbaureihen beschrittene Weg weiter verfolgt und der Werkstoff Aluminium eingesetzt. Daher bestand der Anspruch, beim Gewicht den internen und externen Wettbewerb zu unterbieten und das Design mit hohen Ansprüchen an die Fugen und Falze produktionsgerecht umzusetzen. Anspruchsvolles Design, Leichtbau und produktionsgerechte Produktgestaltung müssen keinen Widerspruch bilden.

Die Aluminium-Hybridbauweise führt dazu, dass zusätzliche mechanische Fügetechniken eingesetzt werden. Für diese Fügetechniken wurden in Zusammenarbeit mit dem Lieferanten, der Planung und der Produktion die technischen Grenzen der Verfahren ermittelt. Dadurch war es beispielsweise möglich, erstmalig hochfeste Bleche mit Aluminium zu verbinden und die Blechdicken der Bauteile primär aus funktionaler Sicht zu reduzieren. Erst durch das Zusammenspiel von Leichtbaumaßnahmen und Leichtbauprozessen konnten 50 kg Leichtbaupotentiale realisiert werden. Im Gegenzug wurde massiv in die Performance hinsichtlich Sicherheit, Komfort und Kundennutzen investiert. Ergebnis: Die Rohbaukarosserie der neuen S-Klasse ist nicht nur leichter, sondern auch bei der Performance klar an der Spitze.

Rückhaltesysteme: Feinarbeit in allen Details

Neben dem Vermögen zur Formänderungsarbeit der Karosserie- und Aggregatestruktur und der Stabilität der Fahrgastzelle bestimmen die Qualitäten der Rückhaltesysteme das Verletzungsrisiko der Insassen bei Unfällen. Die Crashsensorik mit entsprechender Softwareanpassung zur Erkennung des Unfalltyps und der Anprallschwere wurde im Vergleich zur Vorgängerbaureihe weiter verfeinert. Neu sind

- das elektronische Steuergerät STAR2
- die Drucksensoren zur Erkennung eines Fußgängeranpralls
- die Nutzung der Sitzpositionsinformation zur adaptiven Ansteuerung der Rückhaltesysteme

Serienmäßig verfügen Fahrer und Beifahrer jeweils über einen Dreipunktgurt mit einer dreifach pyrotechnischen Straffung. Über den Schultergurt wirkt die Aufrollerstraffung und Gurtkraftbegrenzung sowie der elektrisch reversible Gurtaufrollstraffer. Die obere Gurtumlenkung ist an der B-Säule verankert und höheneinstellbar. Weltneuheit in der neuen S-Klasse ist das Straffsystem PRE-SAFE® Impuls (siehe Kapitel „Erweiterter PRE-SAFE® Schutz“). Die Fondpassagiere auf den beiden äußeren Plätzen verfügen über Dreipunktgurte mit Aufrollstraffer und selbstadaptivem Kraftbegrenzer sowie auf dem mittleren Platz über ein Standard-Dreipunktgurtsystem. Als Sonderausstattung heben Gurtschlossbringer, Beltbag und Cushionbag das Sicherheitsniveau im Fond auf eine neue Ebene (siehe Kapitel „Erweiterter Fond-Schutz“).

Fahrer- und Beifahrer-Airbag: Adaptive Befüllung

Der Fahrer-Airbag (Volumen ca. 64 Liter) ist mit einem zweistufigen Gasgenerator ausgerüstet. Zwei Leistungsstufen können in Abhängigkeit von den erkannten Fahrzeugverzögerungswerten aktiviert werden, wobei die Zündung zwischen der ersten und der zweiten Stufe zeitversetzt erfolgt. Der Beifahrer-Airbag (Volumen ca. 112 Liter) besitzt als Besonderheit zusätzlich zum zweistufigen Gasgenerator eine pyrotechnisch aktivierte Adaptivitätsstufe. Die Abdämpfung des Insassen beim Eintauchen in den Luftsack wird bedarfsgerecht je nach Sitzposition und Gasfüllung stärker und schwächer eingestellt.

Die Thorax-Pelvis-Sidebags für Fahrer- und Beifahrer mit einem Füllvolumen von 17 Litern sind in den vorderen Sitzlehnen integriert. Die Sidebags im Fond mit einem Volumen von 12 Litern sind im Bereich der Fondseitenverkleidung rohbaufest integriert. Die Windowbaghülle (Volumen ca. 40 Liter) wird im Crashfall von einem Hybrid-Gasgenerator befüllt, der im Dachbereich hinter der B-Säule angeordnet ist. Die Windowbaghülle ist durch Einsatz einer neuen Webetechnik (X-Tether Technologie) stabiler ausgeführt. Damit wird die straffe Füllung über einen längeren Zeitraum hinweg begünstigt.

Die Auslösung der Seitenschutzsysteme wird vom zentralen elektronischen Auslösegerät StAR2 gesteuert, das mit Hilfe eines zentralen Beschleunigungssensors, zusätzlicher Satellitensensoren in Fahrzeugquerrichtung und Drucksensoren in den Türen eine seitliche Kollision erkennen und bewerten kann. Darüber hinaus werden die Gurtstraffer in erkannten Seitenkollisionen zusammen mit Sidebags und Windowbags sowie auch bei Überschlagen zusammen mit den Windowbags zeitgleich ausgelöst.

Fußgängerschutz: Aktive Motorhaube und mehr Verformungsraum

In Ergänzung zu den Maßnahmen der Aktiven Sicherheit, die den Unfall zu vermeiden oder die Unfallschwere zu mindern helfen, wurden die Maßnahmen zur Minderung der Unfallfolgen bei einem Fußgängeranprall bei der neuen S-Klasse weiterentwickelt. Um beispielsweise die Belastungen des Fußgängers zu reduzieren, die bei einem Anprall des Kopfes auf die Motorhaube des Fahrzeugs entstehen, wurden die Deformationsräume zwischen Motorhaube und den darunter liegenden Bauteilen optimiert. Dies geschieht zum Teil durch eine entsprechende Anordnung von Komponenten wie zum Beispiel Steuergeräten oder Flüssigkeitsbehältern im Motorraum.

Bei der S-Klasse kommt zudem eine Aktive Motorhaube zum Einsatz. Eine umfangreiche Sensorik in Verbindung mit intelligenten Algorithmen löst bei einem Zusammenstoß mit einem Fußgänger pyrotechnische Aktoren im Bereich der Motorhaubenscharniere aus, welche die Motorhaube um ca. 80 mm anheben. Die Verformungseigenschaften der Motorhaube wurden gezielt auf diese Anforderungen hin entwickelt. Durch den Einsatz von Aluminium sowie einer homogenen Verstärkung auf der Innenseite der Motorhaube können die Belastungen beim Aufprall weiter reduziert werden. In Verbindung mit der angepassten Schaumhärte im vorderen Stoßfänger ergeben sich beim Anprall auf die Beine des Fußgängers reduzierte Belastungen.