

Experten-Puzzle

Aktuelle Fahrzeugkarosserien stellen den Karosseriebauer im K+L-Betrieb vor diverse Herausforderungen. Neben den handwerklichen Fähigkeiten und dem richtigen Werkzeug sind spezielle Kenntnisse zu möglichen Reparaturverfahren und den verwendeten Materialien notwendig sowie ein permanenter Abgleich mit den Reparaturvorgaben des Fahrzeugherstellers. Qualitativ hochwertige Karosseriereparaturen folgen dem Anspruch den Schaden als solchen zu reparieren und das Sicherheitsniveau des Fahrzeugs wie vor dem Unfallereignis wiederherzustellen.



Der Blick in den Rohbau moderner Fahrzeuge erinnert an die Konstruktion von Flugzeugen. Quelle: BMW.

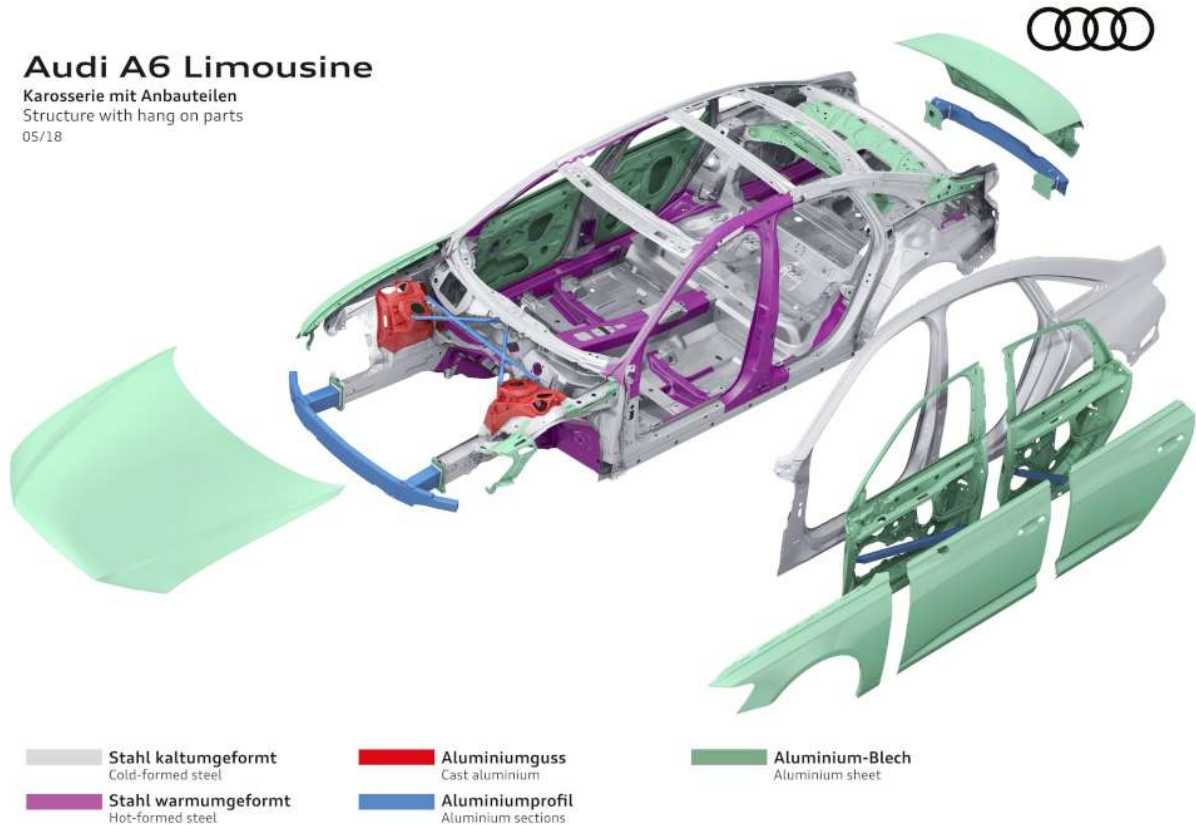
Der technologische Fortschritt im Automobilbau der letzten Jahre ist überwiegend nicht auf den ersten Blick von außen erkennbar. Beeinflusst von steigenden Crashanforderungen, Gewichtsreduktion, CO₂-Reduzierung und stetigen Komfortverbesserungen zeigt sich seit den 1990er-Jahren ein Trend zu Multimaterialmix-Karosserien und damit notwendig gewordenen sehr unterschiedlichen Fügetechniken innerhalb einer Fahrzeugstruktur.

Um die Flut an Assistenzsystemen, wachsenden Karosserieabmessungen und Komfortausstattung zu kompensieren, darf die Rohkarosserie mit jeder neuen Modellgeneration nicht schwerer werden. Die Verwendung ultrahochfester, veredelter Stähle und Tailored-Blank (unterschiedlich dicke Blechstärken innerhalb eines

Bauteils) ist inzwischen Standard, kombiniert mit Druckgussprofilen, Strangpressprofilen und Blechen aus Aluminium, Magnesiumbauteilen sowie faserverstärkten oder thermoplastischen Kunststoffen in der Außenhaut. Prinzipiell handelt es sich bei modernen Autos um eine Mischbauweise, bei der einzelne Komponenten optimiert werden und anschließend wie ein Puzzle ineinandergreifen. Dennoch gelang es den Fahrzeugherstellern nicht, dass die Autos über die Jahre nicht schwerer wurden.

Audi A6 Limousine

Karosserie mit Anbauteilen
Structure with hang on parts
05/18



Veränderung der Fahrzeuge am Beispiel VW Passat:



1973

Leermasse: 885 kg
zGM: 1.310 kg
Rohbaumasse: 240 kg



2014

Leermasse: 1.473 kg (+ 588kg)
zGM: 2.070 kg (+ 760 kg)
Rohbaumasse: 307 kg (+ 67 kg)

Oben: Karosseriestruktur einer Audi A6 Karosserie. Quelle: Audi. Unten: Vergleich relevanter Daten VW Passat 1973 vs. 2014.

Trennungsverschleiß

Neben neuen und speziell veredelten Werkstoffen sind für den K+L-Betrieb im Reparaturfall vor allem die in der Fertigung verwendeten, sehr unterschiedlichen Fügeverfahren eine Herausforderung. Zum einen sind beschädigte Karosserieteile häufig nur schwer zu trennen und bedingen einen enormen Verschleiß bei den Trennwerkzeugen (Bohrer, Sägeblätter, Trennscheiben), der auf jeden Fall in der Reparaturkostenkalkulation zu berücksichtigen ist. Hier kommt es vor Ort letztlich immer auf die richtige Anwendung und die Verwendung der richtigen Geräte für die jeweilige Arbeit an. Nur dann ist es möglich, die veranschlagten Zeitvorgaben zu halten.

Zum anderen sind nicht alle Schadenbereiche nach einem Unfall auf den ersten Blick erkennbar. Die Krafteinleitung erfolgt dabei über Lastpfade, die weit in die Karosseriestruktur hineinreichen. Dies kann zu Schäden weit vom eigentlichen Aufprallbereich entfernten Stellen führen.

Um falsche Kalkulationen oder gegebenenfalls Nachkalkulationen und Verzögerungen im Reparaturablauf zu vermeiden, sollte eine Karosserieeingangsvermessung deshalb heute Standard im professionellen K+L-Betrieb sein. Porsche schreibt diese bereits grundsätzlich vor. Grundvoraussetzung ist es zudem, sich bereits vor Beginn der Reparaturarbeiten Informationen darüber einzuholen, um welche Materialien es sich handelt, um entsprechend die Trenntechniken darauf abzustimmen. Bei den Trennverfahren wird heute hauptsächlich unterschieden zwischen:

- mechanischen Trennverfahren: Sägen, Trennschleifen, Bohren
- elektrischen Trennverfahren: Plasmaschneiden
- autogenen Trennverfahren: Brennschneiden

Dabei ist stets das Risiko zu berücksichtigen, tieferliegende Bauteile dabei zu beschädigen.

Zum anderen lassen sich werksseitige Fügeverfahren aufgrund der Zugänglichkeit, Verfügbarkeit oder Umsetzbarkeit häufig nicht 1:1 auch im Reparaturfall anwenden. Die Palette der heute möglichen Fügeverfahren ist im Vergleich zu den Trennverfahren noch umfangreicher, wobei zwischen Industriemethoden und Instandsetzungsverfahren zu differenzieren ist.

- Mechanische Fügeverfahren: Falzen, Stanznieten, Blindnieten, Clinchen, Flow-Drill-Schrauben, Selbstfurchende Schrauben, Hochgeschwindigkeitsbolzen setzen
- Klebetechnisches Fügen: Strukturverklebung, Stützverklebung, Dichtverklebung
- Thermisches Fügen: MAG-Schweißen (Stahl), MIG-Schweißen (Aluminium, Chromnickel), Laserschweißen, Hybridschweißen, Kondensatorentladungsschweißen, Reibelementeschweißen, MIG-Löten, Laserlöten, Autogenschweißen
- Kombiniertes Fügen: Punktschweißen, Stanzniet-, Clinch-, Blindniet-, Falz-, Schraubenkleben.

Gängige Fügeverfahren in der Fahrzeugproduktion*

Thermisches Fügen:

- MAG-Schweißen
- MIG-Schweißen
- Laserschweißen
- Hybridschweißen
- Widerstandsschweißen
- Kondensatorentladungsschweißen
- Reibelementschweißen
- MIG-Löten
- Laserlöten

Mechanisches Fügen:

- Falzen
- Stanznieten mit Hohlstanznieren
- Stanznieten mit Vollstanznieten
- Blindnieten
- Clinchen
- Flow-Drill-Schrauben
- Selbstfurchende Schrauben
- Bolzensetzen

Klebetechisches Fügen:

- Strukturverklebung
- Stützverklebung
- Dichtverklebung

Kombiniertes Fügen:

- Punktschweiß-
- Stanzniet-
- Clinch-
- Blindniet-
- Falz-
- Schraubkleben

Gängige Fügeverfahren in der Instandsetzung*

Thermisches Fügen:

- **MAG-Schweißen**
- **MIG-Schweißen**
- Laserschweißen
- Hybridschweißen
- **Widerstandsschweißen**
- Kondensatorentladungsschweißen
- Reibelementschweißen
- **MIG-Löten**
- Laserlöten

Mechanisches Fügen:

- Falzen
- Stanznieten mit Hohlstanznieren
- Stanznieten mit Vollstanznieten
- Blindnieten
- Clinchen
- Flow-Drill-Schrauben
- Selbstfurchende Schrauben
- Bolzensetzen

Klebetechisches Fügen:

- Strukturverklebung
- Stützverklebung
- Dichtverklebung

Kombiniertes Fügen:

- Punktschweiß-
- Stanzniet-
- Clinch-
- Blindniet-
- Falz-
- Schraubkleben

Nicht alle Fügeverfahren aus der Fertigung lassen sich auch bei der Reparatur anwenden. Quelle: KTI-Präsentation.

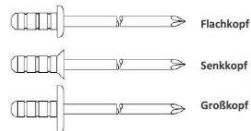
Gerillte Blindniete



Eigenschaften

- Zur Vernietung in Sacklöchern
- Für weiche metallische und nicht metallische Werkstoffe (z.B. Holz, Kunststoff)
- Feste Verbindung

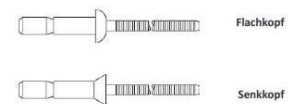
Mehrbereichsblindniete



Eigenschaften

- Bei entsprechender Bohrlochgröße, staub- und spritzwasserdicht
- Großer Klemmbereich
- Großer Schließkopf, für große und unrunde Bohrlocher oder Reparaturarbeiten

















Hochfestigkeitsblindniete



Eigenschaften

- Der Restnietdorn ist unverlierbar in der Hülse verschlossen
- Bei entsprechender Bohrlochvorbereitung wasserdicht
- Großer Klemmbereich
- Hohe Scher- und Zugfestigkeit
- Für schwere Belastungen
- Hohe Schwingungsbeständigkeit

Beispiel für die häufig verwendete Fügechnik Blindnieten.

Al / Al	St / St	Al / St Rm < 1000 MPa	Al / St Rm > 1000 MPa
MIG-Schweißen 	WPS 	Stanznieten Halbhohniet 	Stanznieten mit Halbhohl Sonderniet 
Laserstrahl-schweißen 	MAG-Schweißen 	FDS Schrauben 	Reibelement-schweißen 
Stanznieten Halbhohniet 	MIG-Löten 	Clinchen 	Rollfalzen 
FDS-Schrauben 	Laserstrahl-löten 	Widerstands-Elementschweißen 	Widerstands-elementschweißen 
Clinchen 	Laserstrahl-schweißen 		
Stanznieten mit Vollniet 	Clinchen 		
Rollfalzen 	Plasmalöten 		
	Rollfalzen 		

Mögliche Fügetechniken je nach vorliegender Materialkombination.

Quelle: Audi.

Variable Dicke

Detlef Wedemeyer, Werkstattleiter und technischer Trainer beim KTI in Lohfelden: „In der Fahrzeug-Karosseriestruktur sind die Bauteilfestigkeiten heute sehr genau aufeinander abgestimmt. Der K+L-Betrieb muss wissen, wo sich welches Material befindet. In aktuellen Fahrzeugen sind rund um die Fahrgastzelle (B-Säule, Querträger, Mittelunnel, Dachholm) extrem hochfeste Bauteile vorhanden. Im Prinzip handelt es sich um eine Art Überrollkäfig, der die Insassen darin besonders schützen soll. In den umliegenden Strukturbereichen werden die Festigkeiten abgestuft, um beim Unfall die Crashenergie gezielt abbauen zu können.“



Detlef Wedemeyer, Werkstattleiter und technischer Trainer beim KTI in Lohfelden.

Quelle: TS.



Aktuelles Punktschweißgerät von GYS.
Quelle: TS.

Aufgrund der unterschiedlichen Funktionen der Bauteile beim Crash variiert neben der Festigkeit auch die Dicke der Werkstoffe. Laut Wedemeyer können sich bei Stahlkarosserien die Materialstärken in Knotenbereichen der Struktur durch zusätzliche Verstärkungen auf 6 bis 7 mm summieren (zum Beispiel VW Golf 8). Das bedeutet für das Trennen und auch das spätere Fügen einen enormen Aufwand und Punktschweißanlagen, die in der Lage sind, solche Materialstärken verschweißen zu können.

Moderne Punktschweißanlagen mit hohen Schweißströmen, Pressdrücken bis 500 daN, computerüberwachtem Schweißprozess und Dokumentationsprotokoll sind durchaus dazu in der Lage.

Der Teilersatz von tragenden Strukturelementen ist bei modernen Fahrzeugkarosserien übrigens nicht immer möglich. Vor allem wenn es sich um warm umgeformte Bauteile handelt. So gibt es Fahrzeuge, bei denen deformierte Längsträger nach Herstellervorgabe komplett bis zur Spritzwand getauscht werden müssen, da ein Teilersatz und die damit verbundene Wärmeeinbringung beim Fügen das Material schwächt und die späteren Crash- und Sicherheitseigenschaften negativ beeinflusst.

Wedemeyer: „Es ist wichtig, dass sich K+L-Betriebe mit den notwendigen Reparaturanforderungen bei aktuellen Fahrzeugkarosserien befassen und Zugriff auf die notwendigen Reparaturinformationen sowie regelmäßige Weiterbildungen erhalten. Ständige Fort- und Weiterbildungen sind für das Arbeiten an modernen Karosserien unerlässlich! Entscheidender Faktor bei Strukturreparaturen ist die technische Integrität, also die Festigkeit und Steifigkeit der Karosserie, um das Sicherheitslevel zu erhalten. Die Wiederherstellung der originalen Optik ist eher nachrangig. Ein gutes Beispiel dafür ist, dass bei einem zulässigen Teilersatz des Längsträgers die Schweißnaht bei stumpf geschweißten Blechen nicht verschliffen werden darf, da sonst das Material an dieser Stelle geschwächt wird. Denn wir sprechen nicht nur über das Energieabbauvermögen innerhalb der Karosserie, sondern auch über Sicherheitssysteme wie beispielsweise Airbags, deren Auslöseschwellen genau berechnet sind und vom definierten Deformationsverhalten der Karosserie abhängen.“

Kurz zusammengefasst gilt:

- Jede Schadendiagnose muss unter Beachtung konstruktiver Aspekte erfolgen
- scharfkantige Verformungen an Strukturteilen dürfen nicht rückgeformt werden.
- Druckgussteile und Strangpressprofile dürfen nicht rückgeformt werden.
- Beim Teilersatz müssen die Schnittvorgaben eingehalten werden.
- Fügeverfahren in der Produktion und Reparatur können verschieden sein.
- Kalte Fügeverfahren gewinnen an Bedeutung.

- Vor der Karosseriereparatur ist eine Eingangsvermessung zu empfehlen, um alle Schadenbereich genau identifizieren zu können.
- Die genaue Beachtung der Herstellervorgaben ist unerlässlich!



Die Schweißnaht beim Teilersatz eines Längsträgers wird nicht verschliffen und bleibt sichtbar. Quelle: TS.

Sauberkeit am Mischarbeitsplatz

Apropos Vorgaben: Vor nicht allzu langer Zeit galt bei der Karosseriereparatur noch die klare Trennung zwischen Stahl- und Aluminiumarbeitsplätzen und eine strikte Werkzeugtrennung. Bei einer Multimaterialmix-Karosserie ist das schwierig umsetzbar.

Wedemeyer: „Diese klare Trennung hat Audi mit der Einführung des ersten A8-Modells (1994) eingeführt. Bei reinen oder überwiegend Aluminiumkarosserien war diese Trennung möglich. Heute müssen die Arbeitsplätze so abgestimmt sein, dass ein hohes Maß an Sauberkeit gewährleistet ist und verhindert wird, dass sich die Materialien gegenseitig verunreinigen und es dadurch zu Korrosion oder Gefahren kommt. Dazu sind zum Beispiel explosionsgeschützte Absaugungen – für Aluminium und Stahl getrennt – notwendig.

Zudem ist beim Trennen der Bauteile aus unterschiedlichen Materialien konsequent darauf zu achten, das richtige und geeignete Werkzeug und das korrekte Trennverfahren zu benutzen. Beim Trennen von Aluminium wären das zum Beispiel grobe Sägeblätter oder Fräser, um grobe Späne statt feinem Aluminiumstaub zu produzieren. Nicht bearbeitete Bauteile müssen abgedeckt werden, um Kontaktkorrosion zu vermeiden, Späne dürfen nicht in Hohlräume fallen und dort verbleiben.

Der Aufwand für die Werkstatt steigt hier also auf jeden Fall, gerade was Sauberkeit und Sorgfalt bei der Trennung und den Umgang mit unterschiedlichen Materialien angeht. Und das beginnt bereits bei Fahrzeugen ab der Mittelklasse (VW Passat, Audi A4, Mercedes C-Klasse), die diverse Aluminiumbauteile in der Karosseriestruktur

enthalten. Auch eine Abtrennung der Arbeitsplätze ist wichtig. Dies kann beispielsweise durch Kunststoffvorhänge erfolgen.“

Kleboptimiert

Die notwendige Sorgfalt bei unterschiedlichen Materialien setzt sich beim Fügen fort. Werden Aluminiumbauteile mit einer Stahlstruktur verbunden, muss die Kontaktfläche isolierend ausgeführt sein (z.B. Folie, Trennscheibe, Kleber). Ist die Verbindung mit Schrauben vorgesehen, ist es entscheidend, dass diese beschichtet sind. Damit verbietet sich die erneute Verwendung bereits benutzter Schrauben. Laut Wedemeyer wird inzwischen ein Großteil der Verbindungen geklebt. Und hier sei ganz entscheidend, dass die vorgeschriebenen Materialien verwendet und die entsprechenden Prozesse eingehalten werden. Ungeeignete Klebstoffe können eine zu hohe Leitfähigkeit haben und aufgrund der chemischen Zusammensetzung als Elektrolyt wirken, der Korrosion fördert.

Wedemeyer: „Viele Klebstoffe für die Karosseriestruktur sind crashoptimiert, was verhindert, dass eine Klebnaht beim Crash komplett aufreißt. Gerade im Klebstoffbereich ist es enorm wichtig, dass die jeweils freigegebenen Materialien korrekt angewendet werden, da die Haltbarkeit und Festigkeit im Nachgang nicht mehr zerstörungsfrei überprüfbar sind. Darüber hinaus haben die Klebstoffe ein fest definiertes Haltbarkeitsdatum, das auf keinen Fall (nicht um einen Tag) zu überschreiten ist. Abgelaufener Klebstoff ist zu entsorgen. Entsprechend sollte der Betrieb nie zu viel Klebstoff aufs Lager legen.“

Im Übrigen gibt es für Kleber keine allgemeingültigen Vorgaben. Die Verarbeitungsbedingungen sind sehr unterschiedlich und auf den Anwendungsfall abgestimmt. Manche Klebstoffe lassen sich nur in einem relativ schmalen Temperaturfenster gut verarbeiten, bei anderen kommt es auf einen besonderen Haftvermittler an. Ist die Temperatur zu hoch, werden die Verarbeitungszeiten sehr viel kürzer. Einige Klebstoffe müssen beispielsweise durch Bestrahlung mit Infrarotstrahlern, UV-Lampen oder durch Heizmatten aushärten. Es zeigt sich: Die Thematik Kleben ist ein Spezialbereich für sich. Deshalb wurde offiziell die Zusatzqualifikation des

Sach- und fachgerechte Reparatur

1. Reparatur durch qualifiziertes Fachpersonal in einer Fachwerkstatt.
2. Instandsetzung nach den Richtlinien des Fahrzeugherstellers und den anerkannten Arbeitsmethoden der Karosseriehandwerks.
3. Scharfkantige Verformungen an Strukturteilen (Knicke, Falten) dürfen nicht gerichtet werden.
4. Bei einem Teilersatz im Strukturbereich müssen die Schnittvorgaben des Fahrzeugherstellers eingehalten werden.
5. Die Verwendung von Originalersatzteilen ist vorgeschrieben.

*Herstellervorgaben für sach- und fachgerechte Reparaturen. Inhalte auf Basis einer KTI-Präsentation.
Quelle: TS.*

Klebespezialisten für Karosserieinstandsetzung entwickelt. Aus diesem Grund soll die Klebethematik in diesem Rahmen zu einem späteren Zeitpunkt ausführlich Berücksichtigung finden.

Die moderne Karosseriereparatur ist stets im Gesamtverbund zu betrachten und die Reparatur muss sich stets an den tagesaktuellen Vorgaben und Reparaturleitfäden des Fahrzeugherstellers orientieren. Dort findet sich für den jeweiligen Einzelfall und bezogen auf die Fahrgestellnummer des Fahrzeugs die exakte Reparaturlösung. Die beste Quelle für K+L-Betriebe ist der Zugang zum jeweiligen Herstellerportal.

Routine im Arbeitsprozess kann hilfreich sein, bei der K+L-Reparatur birgt sie aber auch Gefahren, wenn Reparaturvorgaben archiviert werden. Denn mitunter wurden die Reparaturvorgaben herstellenseitig zwischenzeitlich geändert und ein bereits bekannter Reparaturweg ist nicht mehr gültig. Um Regressansprüchen vorzubeugen und sich abzusichern, müssen deshalb stets vor Beginn der Reparatur die aktuellen Herstellervorgaben eingeholt werden. [Alle Fahrzeughersteller sind verpflichtet dem freien Markt Reparaturinformationen zur Verfügung zu stellen.](#) Das ist in der Verordnung (EG) Nr. 715/2007 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 20.06.2007 (Euro 5 und Euro 6) geregelt. Wie das mit gänzlich neuen Anbietern auf dem deutschen Markt funktioniert – vor allem denen die mit Elektrofahrzeugen auch China hier Fuß was wollen – wird sich in den kommenden Monaten zeigen.

Ausblick

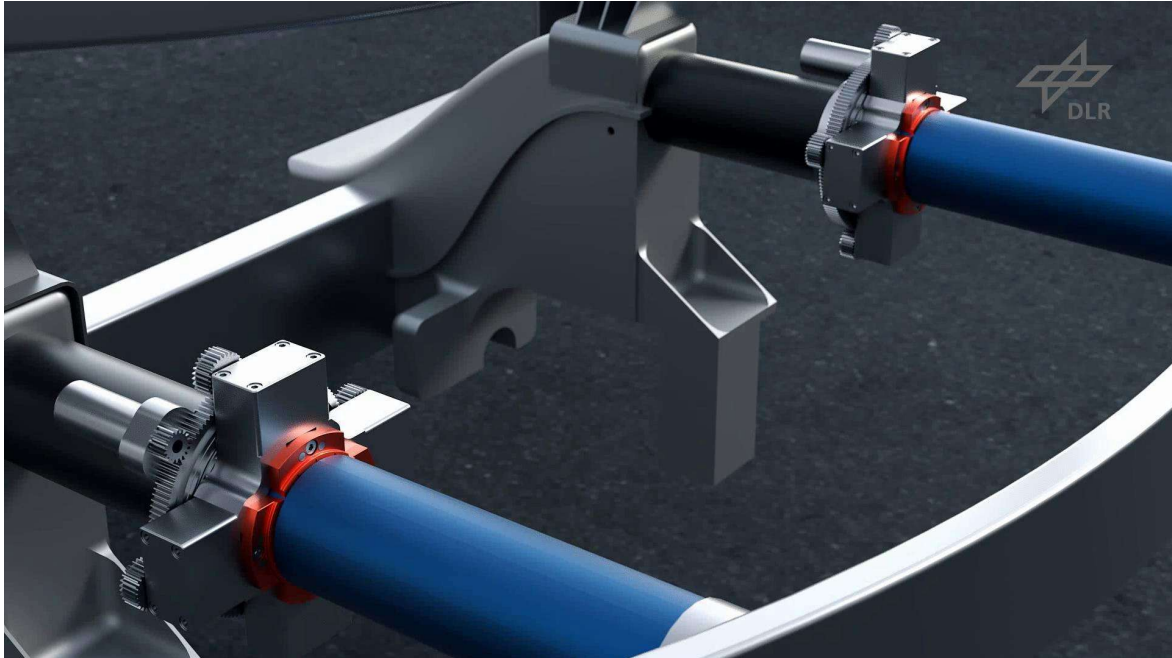
Wie geht's weiter? Im Produktionsprozess der Fahrzeughersteller wird vor allem das Laserschweißen optimiert und an die feuerverzinkten Stahlbleche angepasst, mit der man die elektroverzinkten Bleche ersetzt. Dafür ist die Zinkschicht am Rand der Fügestelle abzutragen. Das erledigt ein Trifokal-Laser, um anschließend eine Laserlötnaht zu erzeugen. Mehr Effizienz in der Fertigung verspricht zudem die Doppelpunktschweißtechnik, bei der in einer Position zwei Punkte gleichzeitig gesetzt werden. Darüber hinaus wird das Punktschweißen bei Aluminium kommen.

Konstruktiv ist mit Fertigungsverfahren und Bauteilen aus dem 3D-Drucker zu rechnen, mit der sich spezielle und stabile Formen leichter herstellen lassen. Das kann helfen Gewicht und CO₂ zu sparen und die Reichweite von E-Fahrzeugen zu verlängern. Beim E-Fahrzeug werden die stabilen Gehäuse der Batterie als Lastpfade genutzt, um darüber Energie aufzunehmen und in andere Bereiche des Fahrzeugs zu leiten. Für die Unfallreparatur in der Werkstatt geht es dann auch um die Beurteilung und den Umgang mit der Batterie nach einem Schaden sowie Möglichkeiten einer Batteriereparatur.

Crash der Zukunft?

Die Vielfalt an Fahrzeugen auf unseren Straßen war nie größer. Vom Kleinwagen mit Steckscheiben bis zum schwergewichtigen Elektro SUV mit 3,5 t Gewicht ist alles vertreten. Damit steigt die Herausforderung in der Entwicklung, trotz sehr unterschiedlicher Massenverhältnisse und Knautschzonen bei einem Crash für alle Insassen eine möglichst hohe und gleich verteilte Sicherheit zu gewährleisten – Stichwort Kompatibilität.

Auch das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) arbeitet an diesem Thema und hat einen aktiven, intelligenten Energieabsorber entwickelt. Die Grundidee des DLR-Energieabsorbers: Ein teleskopartiges Rohr ersetzt den Längsträger im Vorderwagen. Beim Crash wird die Oberfläche dieses Rohrs mittels einer scharfen, ringförmigen Schneide abgetragen. Mit der Zerspanung wird ein Großteil der Bewegungsenergie aus dem Zusammenstoß aufgenommen.



Beim Crash wird die Oberfläche des Teleskoprohrs mittels einer scharfen, ringförmigen Schneide abgetragen und Energie abgebaut. Quelle: DLR.

Laut DLR lässt sich so mit weniger Material mehr Energie absorbieren, als das bei der herkömmlichen Verformung von Längsträgern möglich ist. Im nächsten Schritt soll ein aktiver Energieabsorber digitale Daten und Künstliche Intelligenz (KI) nutzen. Mit Bilderkennung über eine Kamera und Sensorik stellt das System im Bruchteil einer Sekunde Fahrzeugtyp und Gewicht fest und ermittelt, wo das Fahrzeug über Strukturen verfügt, welche die Energie beim Crash am besten aushalten können.

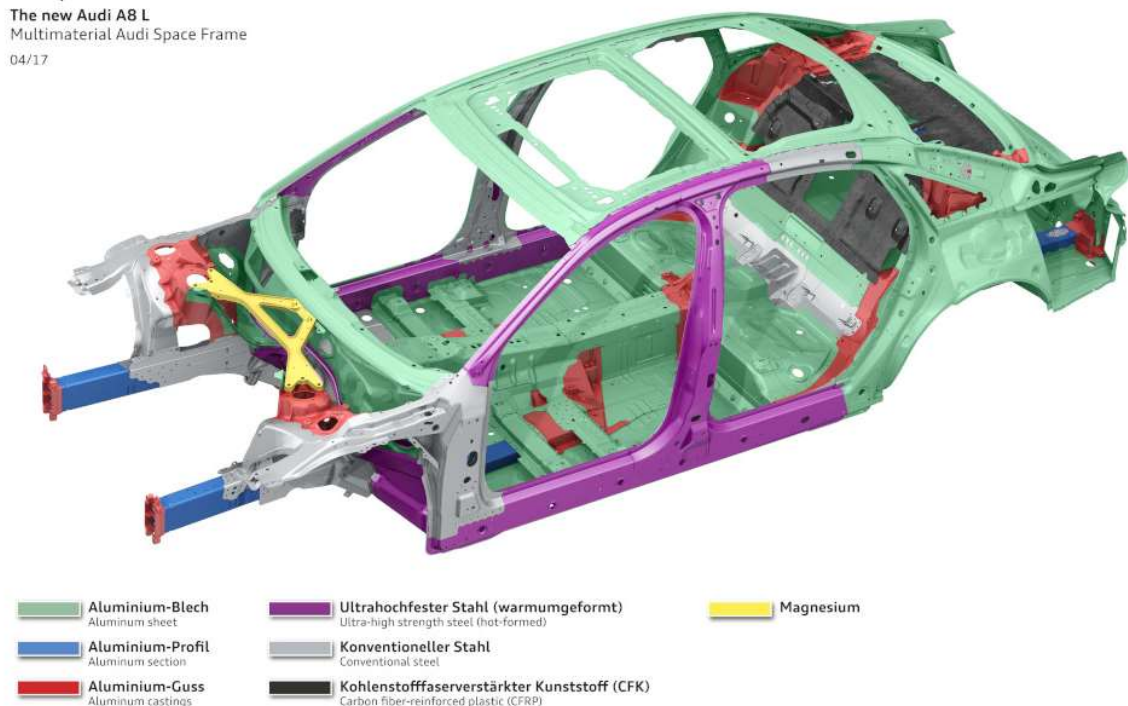
Vor einer unvermeidlichen Kollision greift das System dann in die Lenkung ein, um auf Basis der Informationen einen möglichst glimpflichen Verlauf des Zusammenstoßes herbeizuführen. Gleichzeitig wird die Schneide des Schälrohrs vorkonditioniert und die Zerspan-Tiefe reguliert, um möglichst viel Energie aufzunehmen. Das Ziel der Entwickler ist klar: möglichst viel Knautschzone von beiden Fahrzeugen nutzen und die auf die Insassen wirkenden Beschleunigungen verringern. Im Optimalfall kann das Auto der Zukunft beim Fahren die Automodelle um sich herum sogar scannen, die Daten mit einer Datenbank abgleichen und ständig dazu lernen. Falls ein Modell nicht bekannt ist, ermöglicht eine grobe Erfassung der Geometrie Rückschlüsse auf die Fahrzeugmasse.

Beispiel Audi A8

Audi war 1994 bei seinem Modell A8 Vorreiter bei der Aluminium-Space-Frame-Technologie. Bei der aktuellen 5. Generation D5 (seit 2017) werden Aluminium, Stahl, Magnesium und CFK in der tragenden Karosseriestruktur kombiniert, um Gewicht zu sparen und die Torsionssteifigkeit zu erhöhen. Aluminiumbauteile finden als Gussknoten, Strangpressprofile und Aluminiumbleche Verwendung und dominieren mit einem Anteil von rund 60 %. Der Anteil veredelter Stahlblechteile liegt bei rund 40 %. Warmaushärtende und hochfeste Gusslegierungen erreichen beim A8 D5 eine Zugfestigkeit von mehr als 230 MPa. Höchsthochfeste Bleche befinden sich am äußeren Dachrahmen, am hinteren Türeinstieg und der inneren Struktur bis zur B-Säule.

Der neue Audi A8 L

Audi Space Frame in Multimaterialbauweise
The new Audi A8 L
Multimaterial Audi Space Frame
04/17



Sieben unterschiedliche Materialien verwendet Audi beim A8.

Quelle: Audi.

Inspiziert von der Bionic, fällt das Gussbauteil zwischen dem Ende des Schwellers und dem hinteren Längsträger auf. Es ist über 1,40 m lang und verbessert die Festigkeit um über 50 % im Vergleich zu einem klassischen Blechbauteil. Ein Leichtgewicht mit 6,8 kg ist die komplette Aluminiumseitenwand von der A-Säule bis zum Heckabschluss. Spezielle Details finden sich auch an der A-Säule mit einer variablen Materialstärke zwischen 1,3 und 1,8 mm sowie an der B-Säule mit 1,7 bis 2,0 mm Blechdicke (Tailored Blanks). In der Rückwand und Hutablage des Autos wird CFK verwendet. Die Domstrebe im Motorraum besteht aus Magnesium und ist 30 % leichter als beim Vorgängermodell.

Der Komplexität der Materialkombinationen steht die von Audi verwendete Fügetechnik in nichts nach. In der Produktion kommen 14 unterschiedliche

Fügeverfahren zum Einsatz. Unter anderem MAG-Schweißen, Laserschweißen, Widerstandspunktschweißen, Reibschweißen, Aluminium-MIG-Schweißen, SSR-Stanznieten, Halbhohlstanznieten, Gripstanznieten, Clinchen, Rollfalzen, FDS-Schrauben und Kleben. Der Dachrahmen ist per Laserstrahlschweißen ausgeführt, bei dem die Seitenwände und die Dachhaut per unsichtbarer Nullfuge verbunden werden. Ein relativ neues Verfahren ist das Friction-Element-Welding (FEW). Dahinter steckt ein Reibelementschweißen, bei dem das Reibelement per Rotation durch das Aluminiumblech in das darunterliegende Stahlblech getrieben wird.

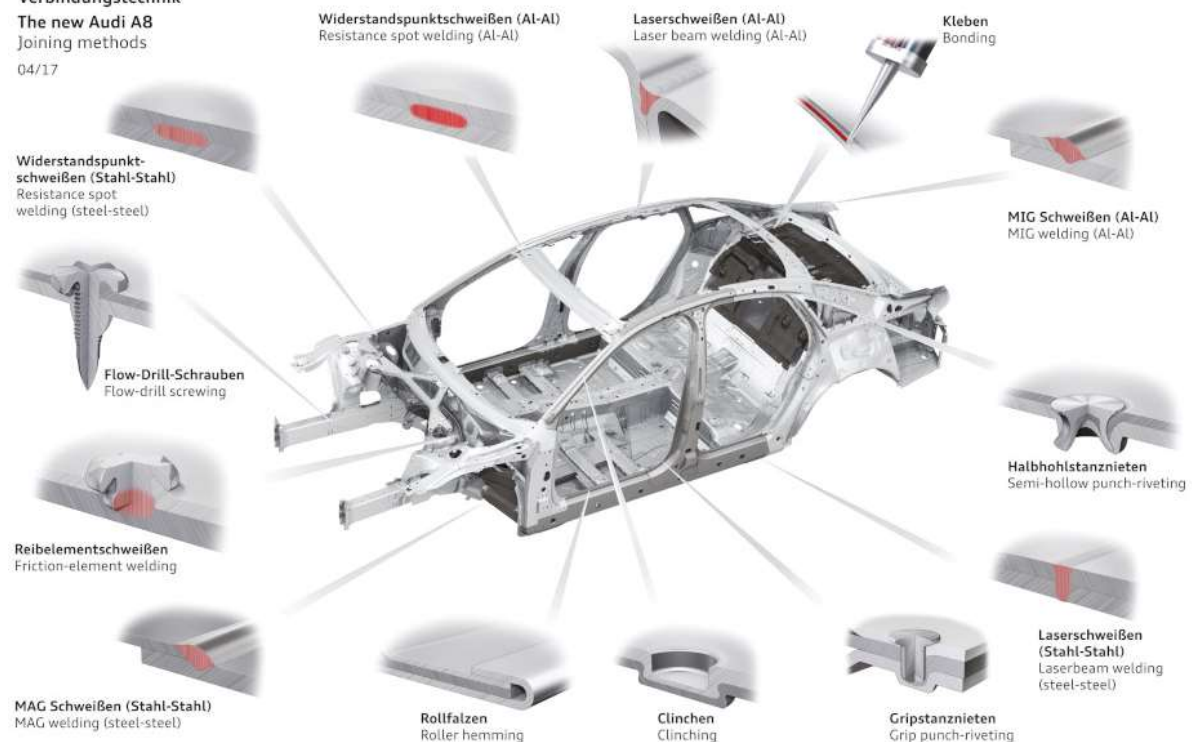


Der neue Audi A8

Verbindungstechnik

The new Audi A8
Joining methods

04/17



14 unterschiedliche Fügeverfahren kommen beim aktuellen A8 zur Anwendung.

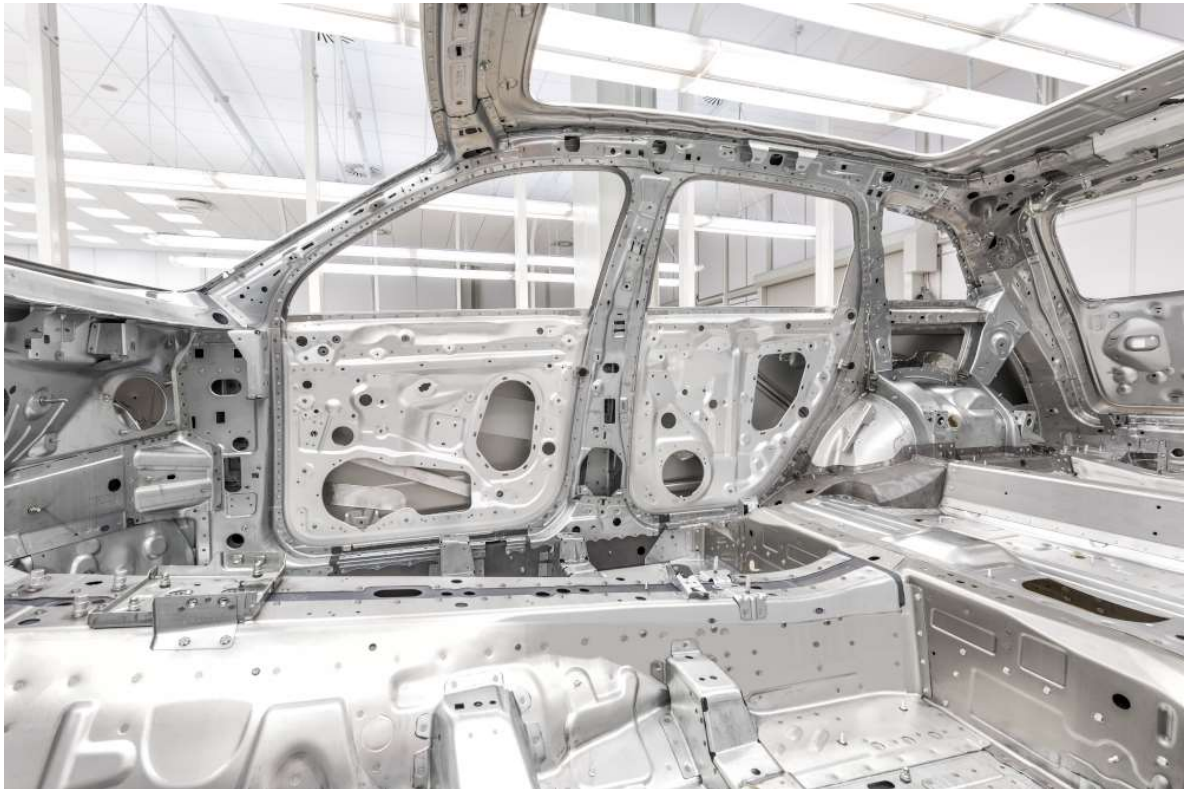
Quelle: Audi.

Beispiel Audi Q7

In den Genuss diverser neuer Materialien kam auch der Audi Q7. Ziel war es, im Vergleich zum Vorgänger deutlich Gewicht abzuspecken und gleichzeitig bei Sicherheit und Fahrdynamik zuzulegen. Das Resultat der Einsparung entspricht nahezu einem halben VW Golf I: Mit der 3,0-TDI-Motorisierung ist der Q7 (Modell 4M) bis zu 325 kg leichter als der Vorgänger, bei dem die Karosserie aus einer Stahl-Schalenbauweise bestand. Die Seitenwand aus Aluminium (A- bis D-Säule) wird an der B-Säule per Rollfalzen mit der warmumgeformten Verstärkung verbunden und ist über 70 kg leichter als bei der ersten Q7-Generation. Fast 12 kg wurden beim Dach eingespart, etwa 24 kg bei den Türen.

Die gesamte Außenhaut der Q7-Karosserie wird aus Aluminiumblechen gefertigt. Darunter liegt – wie beim A8 und auch bei BMW – eine Multimaterialkarosserie (Aluminium, Stahl, Alu-Gussbauteile). Die Rohbaukarosserie besteht aus 36 % Aluminiumblechen, 12 % Aluminiumgussteilen, 4 % Aluminium-Strangprofilen, 10 % hochfesten, warm umgeformten Stahlblechen und zu 38 % aus kaltumgeformten Stahlblechteilen. Ein hoher Anteil warmumgeformter Stahlbleche zeigt sich im Schweller, der B-Säule, am Dachrahmen und in den Bodenlängsprofilen.

Die Komplexität im Reparaturfall zeigt sich beispielhaft an der B-Säule. Sie ist aus vier Lagen aufgebaut, inklusive einer in Teilbereichen warmumgeformten Verstärkung. Die Verstärkung enthält eine „harte“ Zone ab dem Dachrahmen, etwas oberhalb des Schwellers beginnt die „weiche“ Zone bis in den Schweller. Solche Spezialbauteile lassen sich nicht reparieren oder rückverformen. Bei einem Seitenschaden werden diese komplett ersetzt.



Die Seitenwand des Audi Q7 von innen. Sichtbar werden die Verstärkungen innerhalb der B-Säule und der kombinierte Tunnelaufbau mit Teilen aus Stahlblech und Aluminium. Quelle: Audi.

Sehr eindrucksvoll liest sich auch die Statistik des Q7-Karosseriebaus: 2911 Punktschweißverbindungen, 3,8 m MIG-Schweißnähte, 3,3 m MAG-Schweißen, 6 m Aluminium-Laserschweißen, 3,1 m Stahl-Laserschweißen, 2600 Stanznieten, 277 SSR-Nieten, 604 FDS-Schrauben, 175 Clinch-Punkte, 28,5 m Rollfalzen und 200 m Klebstoffauftrag zwischen den Fügestellen verbinden die Karosserie. Im Vergleich dazu wirken die Möglichkeiten der Karosseriereparatur doch eher bescheiden. Im Regelfall kann die Werkstatt nur auf handwerkliches schweißen, nieten, bördeln und kleben zurückgreifen.