



**Kommunikation Modellreihen, Innovation und Technologie**

Christoph Lungwitz

Pressesprecher Audi A8, Leichtbau und Design

Telefon: +49 841 89-33827

E-Mail: [christoph.lungwitz@audi.de](mailto:christoph.lungwitz@audi.de)

[www.audi-mediacyenter.com](http://www.audi-mediacyenter.com)

April 2017

## **Karosserieentwicklung bei Audi – Innovation, Qualität und Präzision**

Automobiler Leichtbau – Siegeszug einer Idee	2
Intelligenter Materialmix – die Karosserie des neuen Audi A8	4
Der neue Karosseriebau am Standort Neckarsulm	7
Vom Audi A8 bis zum Audi R8 – die Meilensteine des Audi Space Frame	10
Verbrauchsangaben der genannten Modelle	14



## **Automobiler Leichtbau – Siegeszug einer Idee**

**Audi schreibt ein neues Kapitel seiner erfolgreichen Leichtbau-Geschichte. Bei der kommenden Generation des Audi A8 kommt in der Karosseriestruktur erstmals ein intelligenter Mix aus vier Materialien zum Einsatz – mehr als bei allen Serienmodellen der Marke zuvor. Damit stellt die Luxuslimousine ihre Rolle als Innovationstreiber im automobilen Leichtbau erneut unter Beweis. Eine Tradition, die bis auf das Jahr 1994 zurückgeht, als der A8 mit seiner selbsttragenden Aluminiumkarosserie in Audi Space Frame (ASF)-Bauweise für Aufsehen sorgte.**

Audi hat allerdings die Fixierung auf ein einziges Material längst hinter sich gelassen. Im modernen Leichtbau steht der intelligente und flexible Umgang mit verschiedensten Werkstoffen im Mittelpunkt – nach dem Motto „das richtige Material an der richtigen Stelle in der richtigen Menge“. Jeder Werkstoff wird für seinen jeweiligen Einsatzzweck auf den Prüfstand gestellt, die Audi-Experten kennen seine Potenziale und Vorzüge in allen Details. Das Unternehmen kann alle Fortschritte im Wettbewerb der Werkstoffe unmittelbar für seine neuen Modelle nutzen.

Das stetig wachsende Knowhow zeigt sich besonders deutlich in der kommenden Generation des Audi A8. Mit einem Mix aus Aluminium, Stahl, Magnesium und kohlenstofffaserverstärktem Kunststoff (CFK) vereint die tragende Struktur der Luxuslimousine vier verschiedene Leichtbau-Werkstoffe. Sie begründet damit eine neue Stufe der Multimaterialbauweise, von der der Kunde direkt profitiert – und das nicht allein in punkto Gewicht. Bei der Torsionssteifigkeit, dem entscheidenden Parameter für präzises Handling und akustischem Komfort, übertrifft der neue Audi A8 seinen sehr guten Vorgänger um bis zu 24 Prozent.

Seit der ersten Generation des Audi A8 gibt der Audi Space Frame (ASF) starke Impulse für Leichtbau im Automobil. Die Premiummarke hat seitdem mehr als eine Million Serienautos nach diesem Konstruktionsprinzip gefertigt und ihr Knowhow im Umgang mit Werkstoffen und Verbindungstechniken konsequent ausgebaut. Das Resultat sind Karosserien, die mit ihrem geringen Gewicht und ihrer hohen Steifigkeit die Basis für mehr Fahrperformance, Effizienz und Sicherheit bilden.

### **Vorbild Natur – das Konstruktionsprinzip des Audi Space Frame**

„Die entscheidende Inspiration für den Audi Space Frame stammt aus der Natur“, erklärt Dr. Bernd Mlekusch, Leiter des Audi Leichtbauzentrums (ALZ) in Neckarsulm: „So kommt zum Beispiel in einem Bienenstock an den Waben nur so viel Material zum Einsatz wie es für die Funktionserfüllung erforderlich ist.“ Mit diesem Wissen konstruierten die Leichtbau-Experten bei Audi Anfang der 1990er Jahre die Struktur des ASF, bestehend aus Strangpressprofilen und Druckgussteilen. In dieses Fachwerk waren Bleche – etwa die Dachhaut, der Boden und die Seitenteile – mittragend und steifigkeitserhöhend eingebunden. Je nach Aufgabe wiesen die einzelnen Komponenten unterschiedliche Formen und Querschnitte auf.



Die erste A8-Generation war mit ihrer ASF-Karosserie aus Aluminium im Vergleich zur bisherigen konventionellen Stahlbauweise mehr als 40 Prozent leichter. Das setzte bei den Stahlherstellern eine Entwicklungsspirale im Wettbewerb der Werkstoffe in Gang. Seitdem hat sich die Festigkeit neuer hochfester Stähle um den Faktor 5 erhöht.

Natürlich blieben die ASF-Aluminium-Technologien nicht stehen und entwickelten sich ihrerseits in Richtung neuer Materialgüten und Fügetechnologien weiter, die heute am Markt verfügbar sind. Damit kam die Leichtbau-Offensive von Audi nicht nur den eigenen Kunden, sondern der ganzen Automobilbranche zugute.

### **Das Audi Leichtbauzentrum**

Die große Kompetenz, über die Audi in der Karosserieentwicklung verfügt, bündelt sich in dem 1994 als Aluminiumzentrum gegründeten Audi Leichtbauzentrum (ALZ). Seine Erkenntnisse waren Grundlage für eine dreistellige Zahl an Patenten, für die Auszeichnung „European Inventor of the Year 2008“ durch das Europäische Patentamt und für vier Siege beim „Euro Car Body Award“, dem führenden Wettbewerb im Karosseriebau.

Unter den rund 200 Spezialisten im ALZ konzentrieren sich etwa 25 Experten auf faserverstärkte Kunststoffe (FVK). Das FVK-Technikum bildet den vollständigen Entwicklungsprozess ab. Über die Werkstoff-Technologie hinaus enthält dies die gesamte Bandbreite der Kompetenz der Bauteil-Prozesstechnik, der Entwicklung neuer Verbindungstechnologien, der Qualitätssicherung sowie der Entwicklung von Service- und Reparatur-Lösungen.



## **Intelligenter Materialmix – die Karosserie des neuen Audi A8**

**Audi setzt in der nächsten Generation des A8 in der tragenden Karosseriestruktur erstmals einen intelligenten Mix aus vier Materialien ein: Geringes Gewicht und hohe Steifigkeit sind beim neuen Flaggschiff die Grundlage für mehr Fahrperformance, Effizienz und Sicherheit.**

Die Experten bei Audi haben die Fixierung auf ein einziges Material im Leichtbau längst hinter sich gelassen. Mit einem Mix aus Aluminium, Stahl, Magnesium und kohlenstofffaser-verstärktem Kunststoff (CFK) begründen sie im Audi Space Frame (ASF) der nächsten A8-Generation eine neue Stufe der Multimaterialbauweise – nach dem Motto: das richtige Material an der richtigen Stelle in der richtigen Menge.

Das Unternehmen setzt konsequent auf neue Werkstofftechnologien und Konstruktionsweisen, von denen der Kunde direkt profitiert – und das nicht nur in punkto Gewicht. Bei der Torsionssteifigkeit – dem entscheidenden Parameter für präzises Handling, sowie akustischem Komfort – übertrifft das künftige Flaggschiff sein Vorgängermodell um bis zu 24 Prozent.

### **Innovatives Fertigungsverfahren: die Carbon-Rückwand des neuen Audi A8**

Eine ultrahochfeste, verwindungssteife Rückwand aus CFK bildet das flächenmäßig größte Bauteil der Passagierzelle im neuen Audi A8 und trägt 33 Prozent zur Torsionssteifigkeit des Gesamtfahrzeugs bei. Um die Belastungen in Längs- beziehungsweise Querrichtung sowie Schubkräfte optimal aufzunehmen, liegen belastungsgerecht sechs bis neunzehn Faserlagen übereinander. Diese einzelnen Faserlagen werden aus 50 Millimeter breiten Bändern zusammengesetzt, die individuell mit beliebigem Faserwinkel und minimalem Faserverschnitt zu einem fertigen Lagenpaket abgelegt werden können. Das innovative, speziell hierfür entwickelte Direkt-Faser-Ablageverfahren ermöglicht es, auf den normalerweise notwendigen Zwischenschritt der Gelegeherstellung komplett zu verzichten. Das Lagenpaket wird in einem ebenfalls neu entwickelten Verfahren mit Epoxid-Harz benetzt und härtet innerhalb weniger Minuten aus.

Warmumgeformte Stahlbauteile bilden als höchstfester Verbund die Fahrgastzelle. Diese umfasst den unteren Bereich der Stirnwand, die Seitenschweller, die B-Säulen und den vorderen Bereich des Dachbogens. Einige dieser Blechplatten sind mittels Tailored-Technologien – also maßgeschneidert – unterschiedlich dick hergestellt, andere zusätzlich partiell vergütet. Das senkt das Gewicht und erhöht die Festigkeit speziell in besonders sicherheitsrelevanten Bereichen.



Den größten Anteil an der Karosserie des neuen Audi A8 haben mit 58 Prozent die Aluminiumkomponenten, die als Gussknoten, Strangpressprofile und Bleche prägende Elemente der ASF-Konstruktionsweise bilden. Auch hier hat der Wettbewerb der Werkstoffe für Fortschritt gesorgt: Neue warmaushärtende, höchstfeste Gusslegierungen erzielen eine Zugfestigkeit von mehr als 230 Megapascal (MPa). Die entsprechende Streckgrenze liegt im Zugversuch bei mehr als 180 MPa, für die Profillegierungen sind es mehr als 280 beziehungsweise mehr als 320 MPa – deutlich höhere Werte als bisher.

Komplettiert wird der intelligente Materialmix durch die Domstrebe aus Magnesium. Im Vergleich zum Vorgängermodell spart sie 28 Prozent Gewicht. Aluminiumschrauben stellen die Verbindung zu den Federbeindomen her und machen sie so zu einem Garant für die hohe Torsionssteifigkeit der Karosserie. Bei einem Frontalaufprall werden die auftretenden Kräfte auf drei Lastebenen im Vorderwagen verteilt.

#### **Vorteile für Kunde und Umwelt: der neue Karosseriebau des Audi A8:**

Nicht nur der Audi Space Frame der nächsten A8-Generation ist gänzlich neu entwickelt, auch die Produktionshallen am Standort Neckarsulm wurden eigens für das künftige Flaggschiff errichtet. Dafür waren allein beim neuen, 41 Meter hohen Karosseriebau 14.400 Tonnen Stahl nötig und damit doppelt so viel wie beim Eiffelturm in Paris.

Es war die erste Generation der Luxuslimousine, die mit ihrer selbsttragenden Aluminiumkarosserie 1994 den Audi Space Frame begründete. Seither hat das Unternehmen mehr als eine Million Serienautos nach diesem Konstruktionsprinzip gefertigt und sein Knowhow im Umgang mit Werkstoffen und Verbindungstechniken immer weiter ausgebaut. Das Resultat sind innovative Karosserien, die mit ihrem geringen Gewicht und ihrer hohen Steifigkeit die Basis für mehr Fahrperformance, Effizienz und Sicherheit bilden.

#### **Der Karosseriebau: 14 Fügeverfahren**

Begleitend zur Erweiterung des Materialmixes setzt Audi konsequent auf innovative Fertigungstechnologien. Beim Zusammenbau der Multimaterial-Karosserie im neuen A8 nutzt die Marke insgesamt 14 unterschiedliche Fügeverfahren, darunter das Rollfalzen, das Gripstanznieten und das weltweit erstmalig zum Einsatz kommende Laserstrahl-Remoteschweißen von Aluminium.

Das Rollfalzen wird beim neuen Audi A8 umlaufend für den gesamten vorderen und hinteren Türeinstieg verwendet. So ist es möglich, das Ein- und Aussteigen für die Kunden komfortabler zu gestalten sowie das Sichtfeld des Fahrers im sicherheitsrelevanten Bereich der A-Säule zu vergrößern. An den Türeinstiegen erzielten die Ingenieure damit Verbesserungen von bis zu 36 Millimeter gegenüber dem Vorgängermodell.



Ergänzt wird das Rollfalzen durch das Gripstanznieten, welches den Seitenwandrahmen in seiner Position fixiert, und durch die umlaufende Strukturverklebung unterstützt. Erst die Entwicklung und Anpassung dieser Füge-technologien auf diesen Anwendungsfall macht den Einsatz des Werkstoffkonzepts im neuen A8 und die Kombination des Aluminium-Seitenwandrahmens mit den warmumgeformten, höchstfesten Stahlblechen an B-Säule, Dachbogen und Schweller mit den schmalen Flanschen möglich.

Mit dem Laserstrahl-Remoteschweißen von Aluminium hat Audi einen neuen Ansatz entwickelt und damit ein Alleinstellungsmerkmal unter den Premiumherstellern erreicht. Die exakte Positionierung des Laserstrahls im Verhältnis zur Schweißkante senkt das Risiko von Heißrissen deutlich, weil der Wärmeeintrag präzise kontrollierbar ist. Die Spaltgröße zwischen den Bauteilen kann beim Fügen sofort festgestellt und durch Prozessregelungsstrategien effektiv geschlossen werden. Die hohe Vorschubgeschwindigkeit und der geringe Energiebedarf des Laserstrahls senken die CO<sub>2</sub>-Emissionen um etwa ein Viertel. Das neuartige Verfahren spart im Serieneinsatz zudem 95 Prozent der laufenden Kosten, da die aufwändige Prozesssteuerung gegenüber dem herkömmlichen Laserstrahlschweißen entfallen kann.

Am Heck des neuen A8 – an den sogenannten Regenwasserkanälen – kommt eine Weiterentwicklung des konventionellen Aluminium-MIG-Schweißverfahrens auf Basis des etablierten CMT-Verfahrens (CMT = Cold Metal Transfer) zum Einsatz. Der Entwicklungsansatz liegt dabei im Kern in einer geometrischen Modifikation der Schutzgasdüse, die dazu führt, dass Prozessgeschwindigkeiten von bis zu 50 mm/s erreicht werden und eine sehr feine Nahtoptik erzielt wird. Im Vergleich zum konventionellen MIG-Schweißprozess entspricht das, bei Betrachtung vergleichbarer Anwendungsfälle im Karosseriebau, einer Steigerung der Geschwindigkeit um das Dreifache. Damit einher geht eine wesentliche Reduzierung des Wärmeeintrags und somit letztlich des Bauteilverzugs. Um die notwendige Positioniergenauigkeit des Schweißdrahtes zur Bauteilkante zu gewährleisten, erfolgt die Umsetzung in der Fertigung in Kombination mit einem System zur automatischen Kantendetektion beziehungsweise Kantenverfolgung.

Das Aluminium-Widerstandspunktschweißen (WPS) ist ein hochflexibles Fügeverfahren. Auch hier sorgt eine leistungsfähige Anlagentechnik in Kombination mit einer für Aluminium-Anforderungen angepassten Steuerungs- und Regelungstechnik für Verbesserungen bezüglich Prozessstabilität und Reproduzierbarkeit der Schweißergebnisse. Durch die Verwendung von Schweißzangen mit höheren Elektrodenkräften ist es möglich, die unerwünschten Anhaftungen der Kupfer-Elektrode am Aluminiumbauteil zu reduzieren.

Ein klassisches Audi-Highlight im Karosseriebau ist das Laserstrahlschweißen – es verbindet den seitlichen Bereich des A8-Dachs über eine praktisch unsichtbare Nullfuge mit den Seitenwänden.



## **Der neue Audi A8-Karosseriebau am Audi-Standort Neckarsulm**

**Audi baut den Space Frame des neuen Flaggschiffs Audi A8 in einem neu errichteten und technisch aufwändigen Gebäude am Standort Neckarsulm. Der hoch automatisierte Fertigungsfluss im Anlagen-Park ist hochkomplex und effizient zugleich.**

Der gesamte A8-Karosseriebau ist auf hohe Energieeffizienz und Ressourcenschonung ausgelegt. Die neuen elektromotorisch angetriebenen Punktschweißzangen wiegen pro Stück 35 Kilogramm weniger als ihre Vorgänger – dadurch kann Audi kleinere Roboter einsetzen, die weniger Strom verbrauchen. LED-Lampen beleuchten die Halle, intelligente Konzepte für die Belüftung und das Abschalten der Anlagen senken den Energiebedarf weiter.

Der Anlagen-Park umfasst etwa 500 Roboter, 90 Klebesysteme, 60 Automaten für selbst furchende Schrauben, 270 Stanznietsysteme und 90 Widerstandspunkt-Schweißzangen. Viele Roboter führen mehrere Bearbeitungsschritte aus, zwischen denen sie die benötigten Werkzeuge wie Greifer und Klebepistole selbsttätig wechseln.

14.400 Tonnen Stahl, doppelt so viel wie beim Eiffelturm in Paris und mehr als 16.000 Ladungen Beton – der Karosseriebau des nächsten Audi A8 vollzieht sich in einer völlig neu errichteten Fertigungsstätte. Die beiden unmittelbar aneinander angrenzenden Gebäude ähneln in der Draufsicht einem gleichseitigen Dreieck.

In dem neuen Gebäude mit 41 Metern Höhe sind drei Fertigungsebenen untergebracht. Jede von ihnen umfasst 50.000 Quadratmeter Fläche, so viel wie sieben Fußballfelder. Stützen unterteilen die Ebenen in je 500 Raster. Unter einer der Hallen liegt der Verladebahnhof des Werks, hier müssen die Träger bis zu 36 Meter Gleise überspannen. Die am stärksten belastete Stütze nimmt dabei ein Gewicht auf, das dem von 1.800 Audi A8 entspricht. Während des Baus waren zeitweise 17 Kräne gleichzeitig im Einsatz, darunter zwei von Europas größten Raupenkranen mit je 600 Tonnen Traglast.

### **Vom Längsträger zum Dach: der Aufbau der ASF-Karosserie**

Der Aufbau der ASF-Karosserie beginnt mit den so genannten Unterschweißgruppen wie den Längsträgern. Sie legen die Basis für den Vorder- und den Hinterwagen. Letzterer wird auf einer separaten Gebäudeebene gefertigt. Im nächsten Schritt wachsen die beiden großen Baugruppen mit den Bodenblechen zusammen.



Im so genannten Aufbau entsteht auf diesem Unterbau die Fahrgastzelle, beginnend mit den A-, B- und C-Säulen über die Seiten innen und außen bis zum Einbau des Dachs. Die großen Schritte finden in so genannten Geometrie- und Framing-Anlagen statt, in denen die Teile für das Verschweißen hochpräzise positioniert und ausgerichtet werden. Die Rohkarosserie fährt auf einem Förderband in das Nachbargebäude, wo sie am Anbauband ihre Türen und Klappen erhält, die dort vorgefertigt worden sind. Nachdem die Karosserie das Finish-Band in der darunter liegenden Etage durchlaufen hat, wird sie in die benachbarte Lackiererei transportiert. Der fertige Metall-ASF härtet in der Lackiererei nach der kathodischen Tauchlackierung in einem Ofen bei 200 Grad Celsius aus, wobei einige Aluminiumlegierungen ihre Endfestigkeit gewinnen.

Eine Inline-Lasermessanlage checkt die ASF-Karosserie während ihrer Entstehung an 20 Stationen auf Maßhaltigkeit – die erste Station überprüft den Unterbau Hinterwagen, die letzte den fertigen Aufbau. Unabhängig davon nimmt die Audi-Qualitätssicherung regelmäßig Stichproben von einzelnen Komponenten, Baugruppen oder auch Komplettkarosserien. Dafür wurde ein neues Mess-Center neben der Linie aufgebaut.

Die Werkzeuge der Qualitätssicherung sind zwei Koordinatenmessmaschinen, die sowohl taktil (berührend) als auch optisch arbeiten, eine extrem hoch auflösende optische Messzelle, eine Ultraschallanlage sowie ein großer Computertomograph (CT). Mit bildgebendem Ultraschall und CT lassen sich viele Verbindungen in der Karosserie prüfen, ohne dass man sie dafür auftrennen müsste. Die klassischen zerstörenden Prüfungen sowie die Auditierung von Oberflächen runden das Spektrum ab.

#### **Die CFK-Rückwand: Einbau in der Endmontage**

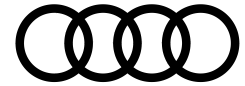
Die CFK-Rückwand kommt in der Endmontage ins Auto – schon mit allen Einbauteilen bestückt, wie beispielsweise den Lautsprechern, der Heckjalousie, den Dreipunktgurten und der Mittelarmlehne.

Ein Roboter fährt die Rückwand mithilfe eines Handling-Geräts durch den Heckscheiben-Ausschnitt in die Karosserie ein. Ein Zweikomponenten- Festigkeitsklebstoff verhindert Kontaktkorrosion. Im Zusammenspiel mit manuell gesetzten Nieten entsteht eine Verbindung mit den Metallbauteilen.

#### **Höhere Qualifikation: die Mitarbeiter**

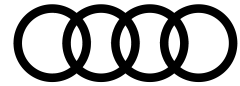
Im neuen A8-Karosseriebau mit seinem hohen Automatisierungsgrad sind zirka 500 Mitarbeiter im Dreischicht-Betrieb beschäftigt. Die meisten arbeiten im automatisierten Bereich mit Robotern zusammen, weitere im manuellen Bereich am Anbau- und Finishband.





Um den reibungslosen Anlauf des neuen Modells mit seinen zahlreichen Neuerungen sicherzustellen, hat Audi sein Schulungskonzept weiter ausgebaut. In speziellen, praxisorientierten Trainings und Weiterbildungen schult Audi die Mitarbeiter zeitnah zum Serienstart. Je nach Qualifikation und Technologie-Thema dauert ein Kurs im automatisierten Bereich bis zu zehn Tage.

Ein Novum und eine Besonderheit des Schulungskonzepts, die es sonst im Volkswagen-Konzern nicht gibt, ist die Finish-Kabine. Hier geht es um den Umgang mit dem Material Aluminium, der besonderes Feingefühl verlangt.



## **Die Audi Space Frame-Technologie – Meilensteine seit 1994**

**Leichtbau ist seit vielen Jahren eine treibende Kraft von Audi. Seit 1994 baut die Marke kontinuierlich Autos mit Audi Space Frame (ASF)-Karosserie. Dabei hat sie die Technologie immer wieder präzise auf die jeweiligen Fahrzeugkonzepte und deren neuen Anforderungen zugeschnitten und konsequent weiterentwickelt – bis zur jüngsten Ausbaustufe, dem Multimaterial-ASF.**

### **Der Audi A8 (1994)**

Mit der ersten Audi A8-Generation hat Audi die selbsttragende Karosserie noch einmal ganz neu erfunden – mit dem Werkstoff Aluminium und einem eigens auf ihn zugeschnittenen Konzept. Die Entwicklungsarbeit, die 1982 begann, brachte 40 Patentanmeldungen hervor. Als Vorläufer des Serienmodells fungierte eine Technikstudie mit der Bezeichnung ASF, die auf der IAA 1993 für Furore sorgte: Ihre unlackierte Karosserie bestand aus poliertem, silbern glänzendem Aluminium.

Die selbsttragende Aluminiumkarosserie im Audi A8, der 1994 folgte, wog lediglich 249 Kilogramm und verfügte über das Grundprinzip der ASF-Konstruktionsweise, wie es noch heute gilt: Strangpressprofile – viele mit-geschlossenen Mehrkammer-Profilen – bildeten gemeinsam mit komplexen Druckgussteilen ein Fachwerk. Aluminium-Blechteile steiften die Konstruktion aus. Unter den 334 Einzel-Komponenten dominierten sie mit 71 Prozent Anteil deutlich vor den Profil- und den Gusskomponenten. Der Zusammenbau im Werk Neckarsulm erfolgte zu etwa 75 Prozent in Handarbeit.

### **Der Audi A2 (1999)**

Der Audi A2 war das zweite Modell von Audi in ASF-Bauweise – der Premium-Kompaktwagen zeichnete sich durch extrem geringes Gewicht aus. In der Basisversion wog er leer (ohne Fahrer) nicht mehr als 895 Kilogramm, als „3-Liter-Auto“ A2 1.2 TDI sogar nur 825 Kilogramm. Die Schlüsselfaktoren dafür waren der Audi Space Frame und die Aluminium-Anbauteile mit insgesamt nur 153 Kilogramm Gewicht.

Mit bis zu 360 Autos pro Arbeitstag war der A2 für höhere Stückzahlen konzipiert als der A8. Sein ASF präsentierte Weiter- und Neuentwicklungen, die den Bau vereinfachten. Die Zahl der Einzelteile sank auf 225, die B-Säule bestand erstmals aus einem einzigen Großgussteil – bei der Luxuslimousine hatte sie noch acht Komponenten umfasst. Die Profile für die Dachbögen wurden per Innenhochdruckumformung (IHU) gefertigt, über ihre Länge hinweg änderte sich ihr Querschnitt mehrfach. Der Unterboden-Rahmen war aus geraden Strangpressprofilen zusammengeschweißt, die direkt miteinander verbunden wurden.



Auch beim Audi A2 hatten die Bleche mit 81 Prozent den größten Anteil an der Karosserie. Drei Fügeverfahren dominierten – Stanznieten, MIG-Schweißen (MIG = Metall-Inert-Gas) und das neue Laserschweißen – damit erreichte Audi einen Automatisierungsgrad von etwa 80 Prozent.

### **Der Audi A8 (2002)**

Beim A8 der zweiten Generation verbesserten die Ingenieure mit dem weiter entwickelten Audi Space Frame die statische Torsionssteifigkeit des Gesamtfahrzeugs um 61 Prozent, während die Anzahl der Einzelteile gegenüber dem Vorgänger reduziert wurde. Die ASF-Karosserie des Flaggschiffs wog nur noch 220 Kilogramm, über 40 Prozent weniger als vergleichbare Stahlkarosserien der damaligen Zeit.

Große Fortschritte machte Audi auch bei den Groß-Gussteilen. Ihr Gewichtsanteil am ASF stieg von 22 auf 31 Prozent, einige von ihnen integrierten neue Funktionen wie etwa die Türscharnieraufnahmen in den Gussteilen der A-Säulen. Wie schon beim Audi A2 bestand der große Seitendrahmen von der A-Säule bis zum Heck aus einem einzigen tiefgezogenen Aluminiumblech, im A8 allerdings nochmal deutlich größer und anspruchsvoller.

Die Verbindungstechniken wurden ebenfalls weiter optimiert, als neue Technologie kam das Laser-Hybridschweißen hinzu. Mit seinen speziellen Stärken – minimaler Verzug, gute Überbrückung von Spalten und hohe Prozessgeschwindigkeit – eignet es sich besonders für große, verzugsanfällige Bauteil-Verbindungen wie beispielsweise am Dach zum Seitendrahmen.

### **Der Audi TT (2006)**

Der TT der zweiten Generation präsentierte eine neue Top-Innovation von Audi: den Audi Space Frame in Multimaterial-Bauweise. Der Vorderwagen, der Mittelboden und die Aufbaustruktur des Kompaktsportwagens bestanden aus Aluminium. Somit nahm dieses Material beim Coupé 68 Prozent des Gesamtgewichts ein.

Der hintere Bereich der Bodengruppe, der Heckabschluss sowie die Schottwand (beim Roadster) waren aus Stahl gefertigt. Bei den Türen und der Heckklappe kam aus Gründen der Gewichtsverteilung ebenfalls Stahl zum Einsatz.

Im Vergleich zum Vorgängermodell mit seiner Ganzstahl-Karosserie senkte das neue Konzept das Leergewicht je nach Version um bis zu 90 Kilogramm. Zugleich erlaubte es eine hervorragende Verteilung der Achslasten und damit ein sportwagentypisches, dynamisches Handling, unterstützt durch eine stark erhöhte Torsions-Steifigkeit. Die ASF-Karosserie des TT Coupé wog lediglich 206 Kilogramm. Ihr Aluminiumanteil setzte sich aus 63 Kilogramm Blechen, 45 Kilogramm Gussteilen und 32 Kilogramm Strangpressprofilen zusammen.



### **Der Audi R8 (2007)**

Beim R8 übertrug Audi das ASF-Konzept zum ersten Mal auf einen Hochleistungssportwagen. Die Ergebnisse sprachen für sich: 206 Kilogramm wog die Karosserie beim Coupé. Strangpressprofile spielen bei dem ASF-Sportwagenkonzept mit rund 70 Prozent die Hauptrolle. Gussbauteile machten beim Coupé 8 Prozent aus, Aluminiumbleche nahmen die restlichen 22 Prozent ein.

Darüber hinaus integrierte der ASF des Audi R8 neue, ultraleichte Materialien. Ein Heckquerträger im Motorraum aus Magnesium versteifte den Hinterwagen im oberen Bereich. Beim Spyder bestanden die hinteren Seitenwände und der Deckel des Verdeckkastens – beide mittragende Komponenten – aus kohlenstofffaser-verstärktem Kunststoff (CFK).

### **Der Audi A8 (2010)**

Die dritte Generation des A8 präsentierte erneut große Fortschritte. In dem aus 243 Einzelteilen aufgebauten ASF kommen 13 unterschiedliche Aluminiumgüten zum Einsatz. Die höchstfesten B-Säulen bestehen aus formgehärtetem Stahl. Die Karosserie der Limousine mit normalem Radstand wiegt 231 Kilogramm.

Der ASF des Audi-Flaggschiffs setzt sich zu je 35 Prozent aus Gusskomponenten und Blechen, zu 22 Prozent aus Strangpressprofilen und zu 8 Prozent aus Stahl zusammen. Seine Gussbauteile bestehen mehrheitlich aus weiterentwickelten Legierungen, im Vakuum-Druckguss hergestellt – ein Verfahren mit dem hohe mechanische Werte bei gleichzeitiger guter Dehnfähigkeit sowie guter Fügbarkeit erzielt werden. Bei den höherfesten Komponenten steigerte Audi die Festigkeit bis zu 25 Prozent und verringerte dabei die Materialdicke und das Gewicht bis zu 20 Prozent.

### **Der Audi TT (2014)**

Mit ihrer Multimaterial-Bauweise stehen die Karosserien des aktuellen Audi TT und des TT Roadster für eine neue Evolutionsstufe des ASF. Der Vorderwagen und vor allem der Boden der Fahrgastzelle beinhalten viele warmumgeformte Stahl-Komponenten, die dank ihrer extremen Festigkeit mit geringen Wandstärken auskommen und deshalb im Verhältnis zur Funktion sehr leicht sind. Zum zweiten Mal nacheinander konnte Audi beim TT das Fahrzeug-Leergewicht signifikant senken und zugleich die Torsionssteifigkeit erhöhen.

Beim Aufbau der Fahrgastzelle handelt es sich um das ASF-typische Fachwerk aus Aluminium. Beim Coupé bilden vier Gussteile – je zwei an den A-Säulen und über dem Heckfenster – seine Knotenpunkte, die Karosserie mit der kompletten Außenhaut aus Aluminium wiegt nur 276 Kilogramm.



### **Der Audi R8 (2015)**

Beim neuen R8 hat Audi das Gewicht des ASF noch einmal gesenkt, auf 200 Kilogramm beim Coupé. Entscheidend dafür ist die neuartige Kombination von Aluminium und CFK. Die CFK-Komponenten – die Rückwand, der Mitteltunnel und die dreiteiligen B-Säulen – entstehen im Harzinjektionsverfahren RTM (Resine Transfer Moulding), einem hoch-effizienten Prozess.

Die trockenen Fasergewebe und lokale Verstärkungen werden dabei zunächst abgelegt, umgeformt und dann in geschlossene, beheizte Werkzeuge eingelegt. Nach dem Schließen wird flüssiges Kunstharz in die Form injiziert, es durchtränkt das Gewebe vollständig – die Bauteile härten unter Druck und Temperatur aus. Die CFK-Komponenten bilden das funktionale Rückgrat des ASF, mit 13 Prozent Anteil. Im Detail erfüllen sie unterschiedliche Aufgaben, weshalb sie sich in der Anzahl und der Ausrichtung der Gewebelagen stark voneinander unterscheiden.

Der Vorder- und Hinterwagen des neuen R8 sind aus Aluminium in den Halbzeugen Guss, Profil und Blech aufgebaut. Gussknoten machen 21 Prozent des ASF aus, die Strangpressprofile haben 47 Prozent Anteil und die Bleche 12 Prozent (Angaben für Coupé). Die restlichen 7 Prozent entfallen auf sonstige Materialien und Verbindungselemente. Die Außenhaut samt Türen und Klappen ist zur Gänze aus Aluminium gefertigt.

### **Der Audi Q7 (2015)**

Der aktuelle Q7 basiert als erstes Audi-Modell auf dem Modularen Längsbaukasten der zweiten Generation (MLB evo). Sein Leergewicht ist im Vergleich zum Vorgängermodell bis zu 325 Kilogramm gesunken, auch dank der signifikant leichter gewordenen Karosserie: Die so genannte Multimaterial-Karosserie integriert große Teile aus warmumgeformtem Stahl und Aluminium; damit spart er allein 71 Kilogramm Gewicht ein. Einen weiteren Beitrag leisten die Karosserie-Anbauteile mit 24 Kilogramm weniger Gewicht.

Während die ultrahochfesten Stahlbauteile die Sicherheitszelle der Passagierzelle bilden, hat Aluminium 41 Prozent Anteil an der Karosseriestruktur. Teile wie die Federbeindome im Motorraum und die Verbindungen zwischen Schwellern und Längsträgern bestehen aus Druckguss. Die vorderen und hinteren Längsträger sind aus Aluminiumprofilen gefertigt.

Aluminiumbleche nehmen weite Bereiche des Bodens, der hinteren Radhäuser des Daches und des Seitenwandrahmens ein. Alle Anbauteile, wie Türen, vordere Kotflügel, Motorhaube und die Heckklappe bestehen komplett aus dem Leichtmetall.



**Verbrauchsangaben der oben genannten Modelle:**

**Audi A8 (kommende Generation):**

Das Fahrzeug wird noch nicht zum Kauf angeboten. Es besitzt noch keine Gesamtbetriebserlaubnis und unterliegt daher nicht der Richtlinie 1999/94/EG.

**Audi A8 (aktuelles Modell):**

Kraftstoffverbrauch kombiniert in l/100 km: 11,2 – 5,7\*\*;  
CO<sub>2</sub>-Emission kombiniert in g/km: 259 – 146\*\*

**Audi TT:**

Kraftstoffverbrauch kombiniert in l/100 km: 8,5 – 4,6\*\*;  
CO<sub>2</sub>-Emission kombiniert in g/km: 194 – 122\*\*

**Audi R8:**

Kraftstoffverbrauch kombiniert in l/100 km: 12,3 – 11,4\*\*;  
CO<sub>2</sub>-Emission kombiniert in g/km: 287 – 272\*\*

**Audi Q7:**

Kraftstoffverbrauch kombiniert in l/100 km: 7,6 – 5,5\*\*;  
CO<sub>2</sub>-Emission kombiniert in g/km: 199 – 144\*\*

\*\*Angaben zu den Kraftstoffverbräuchen und CO<sub>2</sub>-Emissionen sowie Effizienzklassen bei Spannbreiten in Abhängigkeit vom verwendeten Reifen-/Rädersatz.