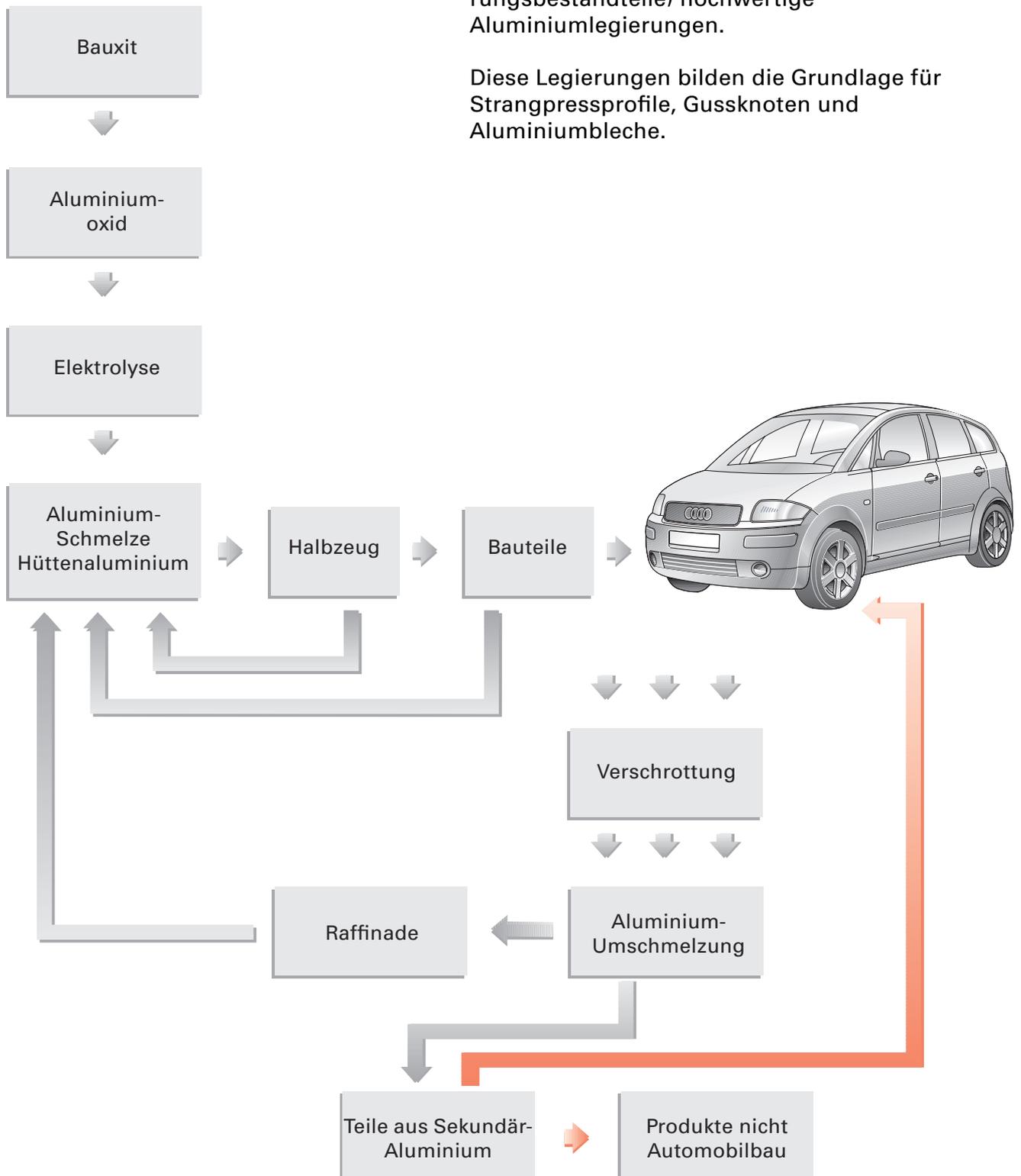


Aluminium - Herstellungsprozess und Rückführung

Bauxit wird mit hohem Energieaufwand zu Aluminiumoxid und mittels Elektrolyse zu Hüttenaluminium verarbeitet.

Daraus werden dann durch Zusatz von Magnesium und Silizium (die wichtigsten Legierungsbestandteile) hochwertige Aluminiumlegierungen.

Diese Legierungen bilden die Grundlage für Strangpressprofile, Gussknoten und Aluminiumbleche.



SSP239_060

Werkstoff Aluminium



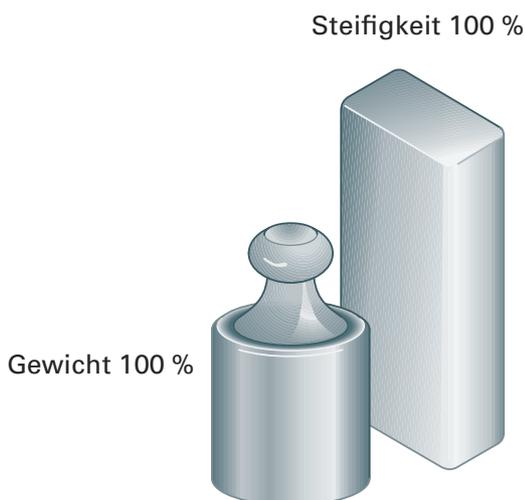
Eigenschaften

Vorteile des Aluminiums

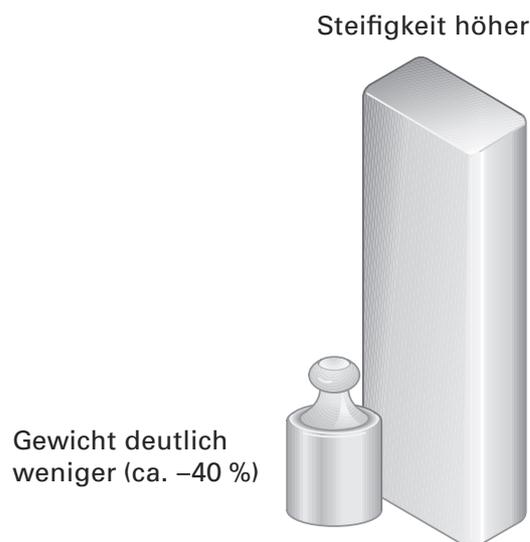
- Aluminium hat nur etwa 1/3 des spezifischen Gewichtes von Stahl.
- Zusammen mit Luftsauerstoff bildet es eine dünne Oxidschicht, die sich immer wieder erneuert und vor einer weiteren Zerstörung des Materials schützt.
- Aluminiumlegierungen sind leicht wiederverwertbar und aufzuarbeiten (Recycling).
- Bei Wiederaufbereitung sind nur 5 % des Energieaufwandes von Primäraluminium notwendig.
- Es lässt sich vielfach recyceln.
- Das Material ist ungiftig.
- Günstige Festigkeitswerte: Festigkeit 60 bis über 500 N/mm².
- Gute chemische Witterungs- und Seewasserbeständigkeit.
- Gute Umformbarkeit.
- Sehr gut geeignet für Verbindungsarbeiten mit Schutzgas- (MIG/WIG) und Strahlschweißen (z. B. Laserschweißen).

MIG = Metall-Inertgasschweißen
WIG = Wolfram-Inertgasschweißen
Inert = Schutzgas

Stahl in Schalenbauweise



Audi Space Frame ASF[®]



SSP239_058

Etwa 40 % weniger Gewicht der Karosserie bei gleicher Steifigkeit einer Stahlkarosserie.



Karosseriesteifigkeit des ASF®

Die höhere Steifigkeit der Aluminium- gegenüber Stahlkarosserie beruht ausschließlich auf größeren Querschnitten zusammen mit entsprechenden Profilkonstruktionen.

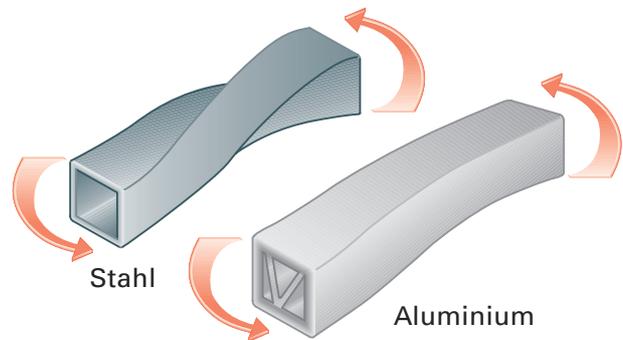
Dies ist die Basis für eine statisch und dynamisch steife Alu-Karosserie.

Neue Herstellungsverfahren in Strangpress-, Blech- und Gusstechnologie werden beim A2 eingesetzt.

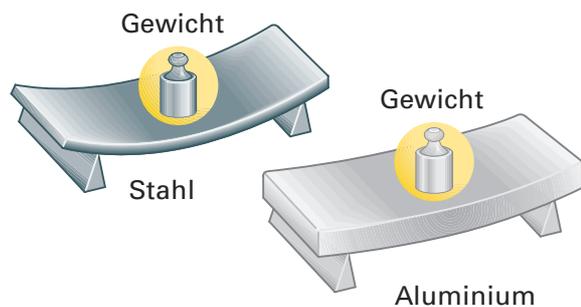
Jedes Bauteil der Rohbaukarosserie ist der Materialbeanspruchung entsprechend im Querschnitt und im Gewicht optimal dimensioniert.

Das Ergebnis sind die leichtesten Karosserien in ihrer Fahrzeugklasse mit optimalen Werten für die Verwindungs-, Biege- und Beulfestigkeit.

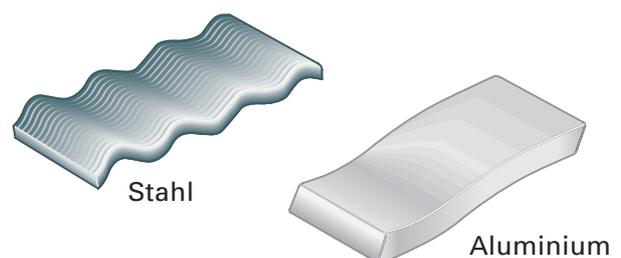
Verwindungssteifigkeit



Biegesteifigkeit



Beulfestigkeit



Werkstoff Aluminium



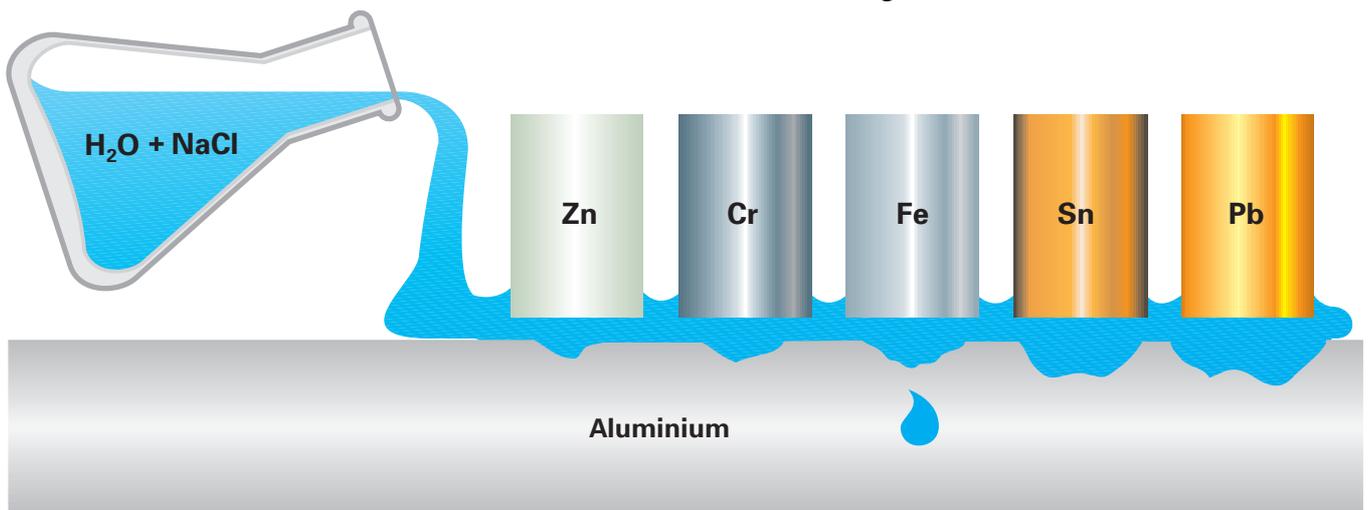
Elektrochemische Spannungsreihe

Die Berührung unterschiedlicher, in der elektrochemischen Spannungsreihe auseinanderliegender Metalle, entsteht bei Anwesenheit eines Elektrolyten Kontaktkorrosion.

Das Metall, das in der Spannungsreihe niedriger liegt, wird zersetzt.

Die Zersetzung ist um so stärker, je weiter die Metalle in der Spannungsreihe auseinander liegen.

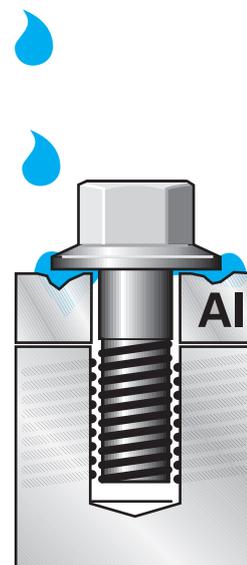
Kontaktkorrosion am Aluminium führt zu schneller Zerstörung insbesondere dünnwandiger Bauteile an der Kontaktstelle.



SSP239_052

Elektrochemische Spannungsreihe (Auszug)

- Blei - Pb
- Zinn - Sn
- Eisen - Fe
- Chrom - Cr
- Zink - Zn
- Aluminium - Al



Korrosion

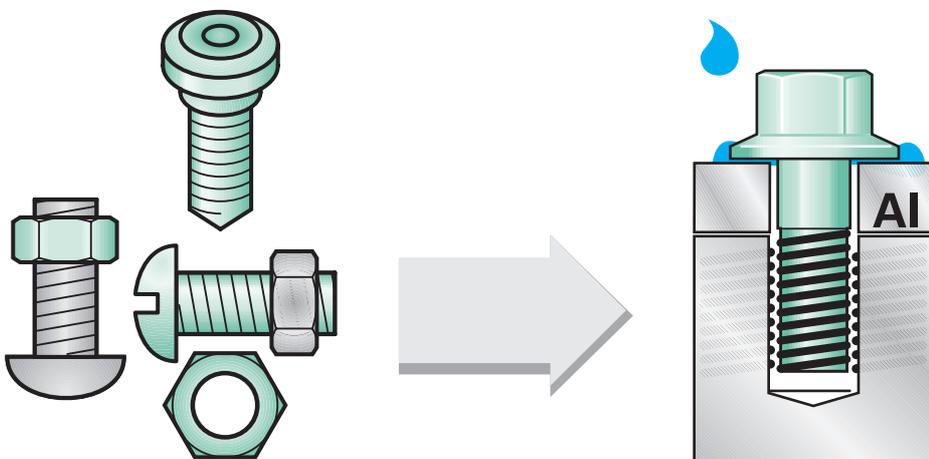
SSP239_011

Schraubverbindungen beim Audi A2

Alle mit Aluminium in Kontakt stehenden Befestigungen haben eine Dacromet oder Delta Ton Beschichtung bzw. andere Überzüge zur Vermeidung von Kontaktkorrosion.

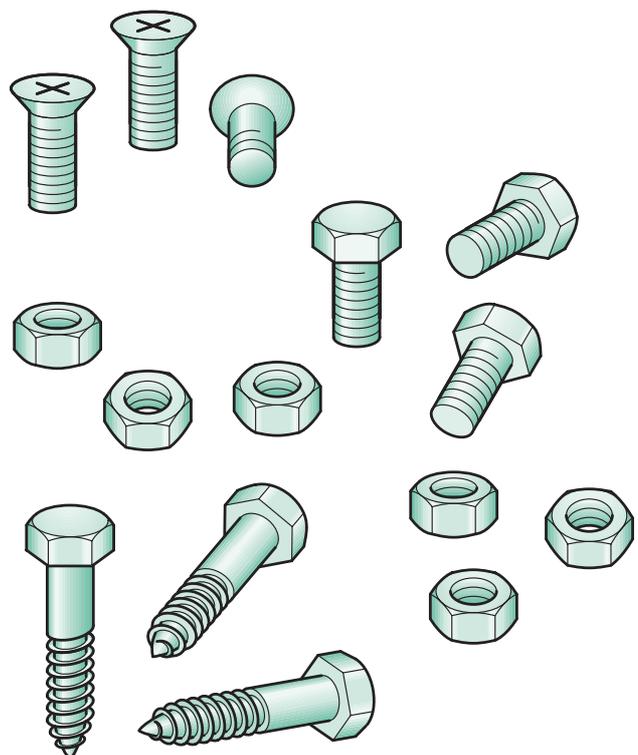
Zusätzlich erhalten diese Teile eine grüne Gleitmitteleinfärbung auf Alkydharzbasis, damit es nicht zu Verwechslungen mit normalen Befestigungsteilen kommt.

Oberflächenschutz



Mögliche Überzüge zur Vermeidung von Kontaktkorrosion

1. zink- und aluminiumstaubhaltige Überzüge
(Delta Tone[®], Dacromet[®])
2. spezielle Zinklegierungsüberzüge
(mechanisch Zn/Sn und galvanisch ZnNi)
3. galvanische Aluminiumüberzüge
4. Zinnüberzüge
(für Buntmetalle)
5. Duplex-Systeme
(Zink + Lack)





Recycling

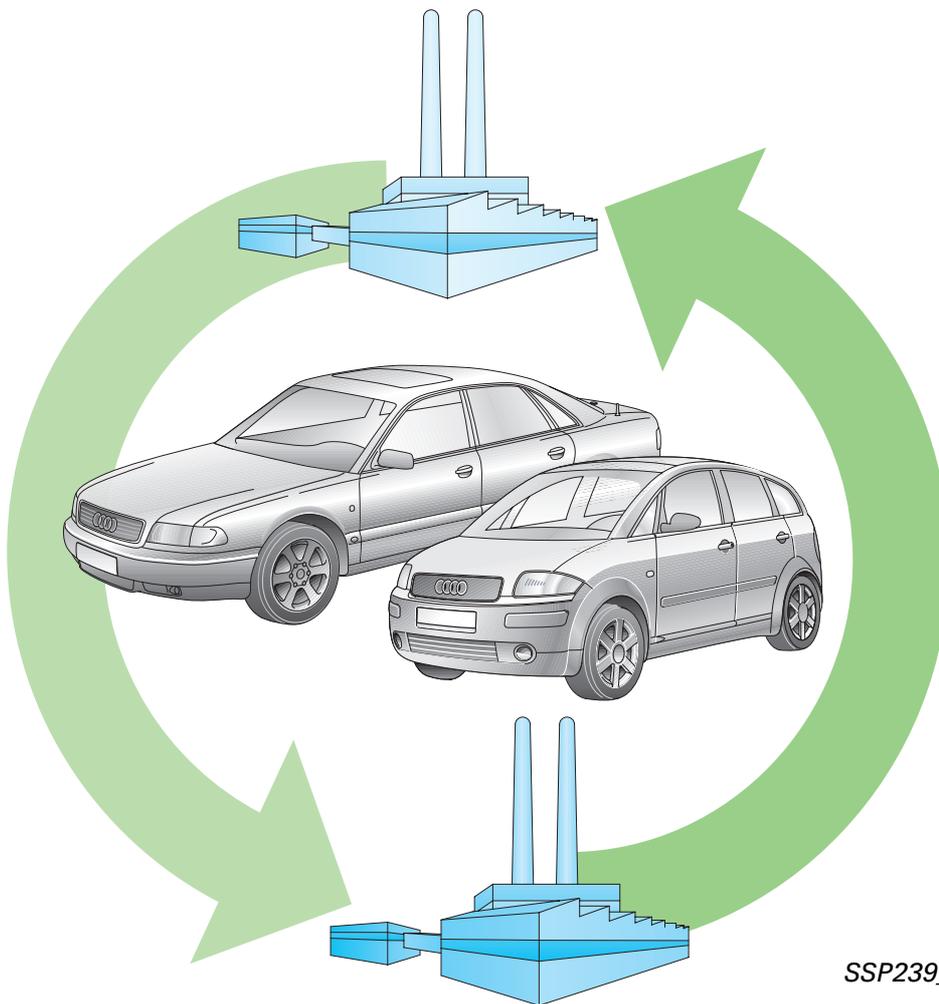
Der hohe Schrottwert des Aluminiums macht das Sammeln und Wiederaufbereiten wirtschaftlich sinnvoll.

Der Energieaufwand ist gering.

Die Qualität der Eigenschaften des Metalls bleibt erhalten.

Die wirtschaftlichen Vorteile scharfer Trennungen werden an den Handelswerten von Schrotten deutlich.

Geeignete Methoden zum vollautomatischen Sortieren von Metallen nach Legierungsbestandteilen sind vorhanden (Laser-Detektion).



SSP239_002

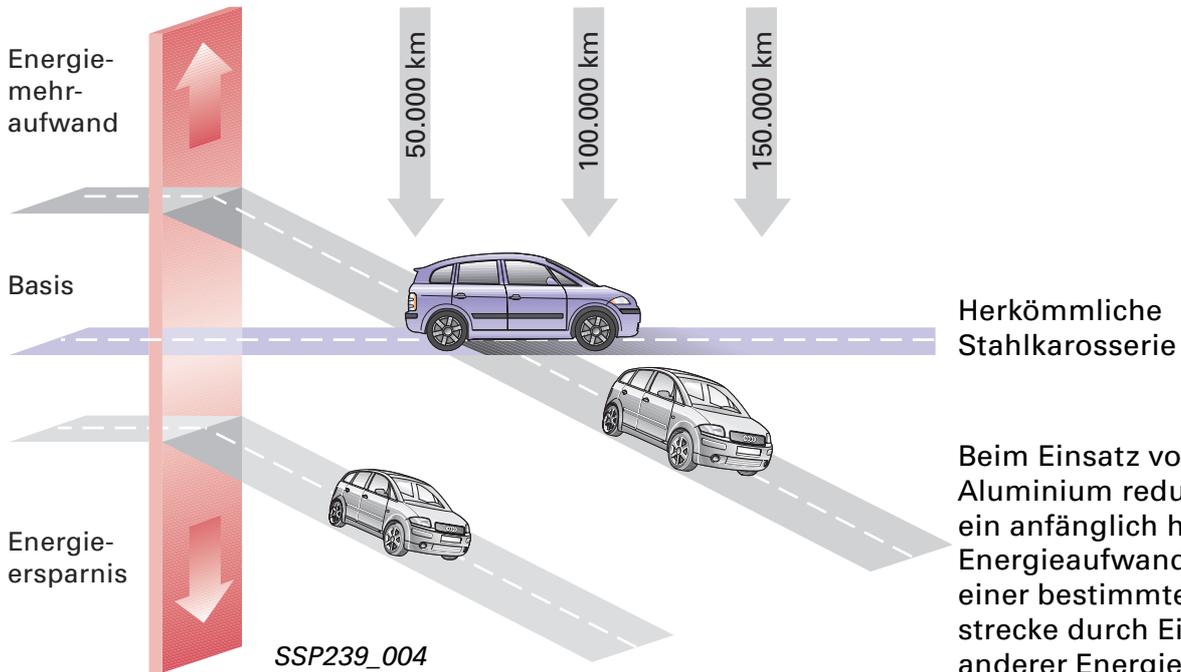
Am Ende eines „Aluminiumprodukt-Lebens“ steht nicht die Deponie sondern die Wiederverwertung.

Unsortierter zerkleinerter Aluminiumschrott wird mittels lasergestützter Spektroskopietechnik identifiziert und getrennt.



Energieeinsatz

Herstellung

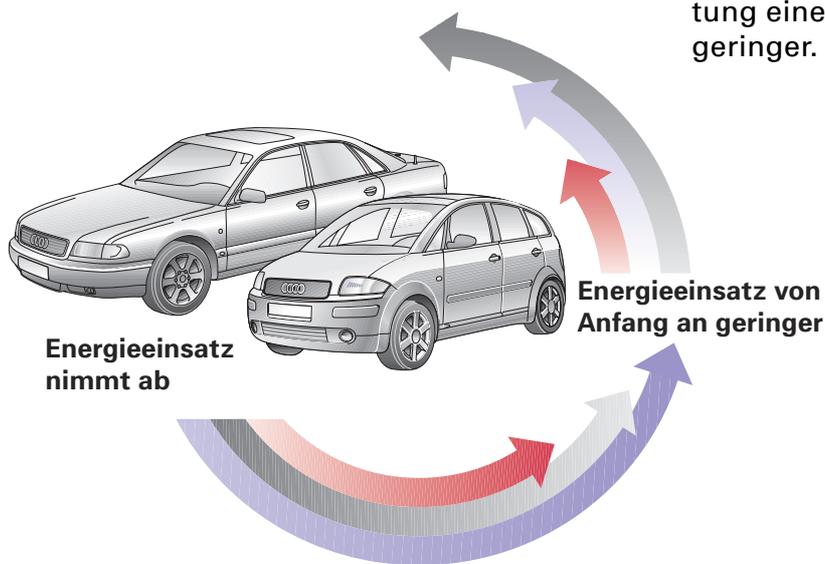


Herkömmliche Stahlkarosserie

Beim Einsatz von Primär-Aluminium reduziert sich ein anfänglich höherer Energieaufwand nach einer bestimmten Fahrstrecke durch Einsparung anderer Energieträger, z. B. Kraftstoff.

Bei Recycling von Aluminium ist Audi Space Frame ASF® von Anfang an günstiger.

Energieeinsparung



Der relative Energieaufwand für eine neue Aluminiumkarosserie im Vergleich zu einer Stahlkarosserie wird mit jeder Wiederverwertung einer Aluminium-Schrott-Karosserie geringer.

Fahrzeug aus recyceltem Aluminium

Stahlkarosse (konventioneller PKW)

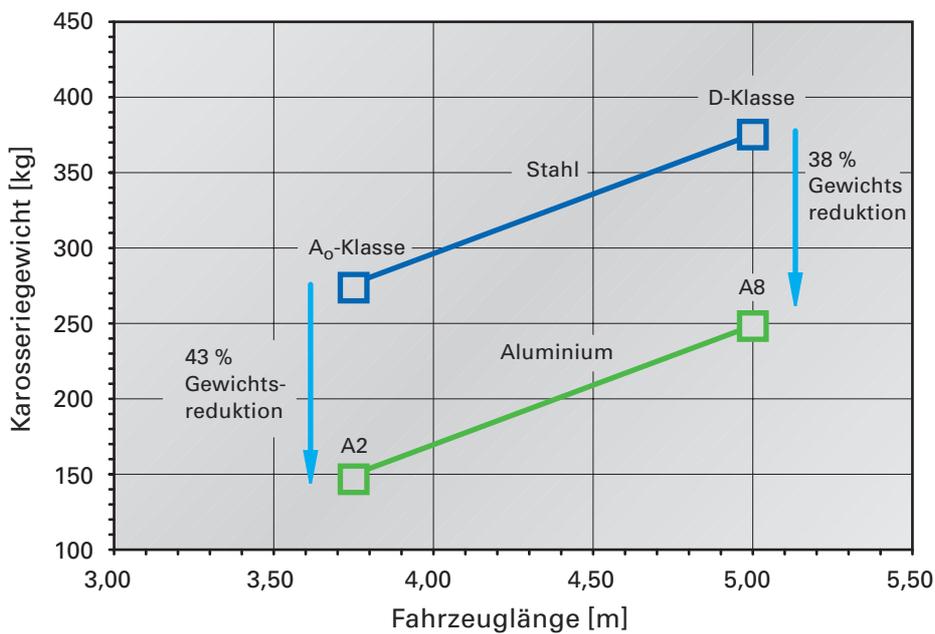
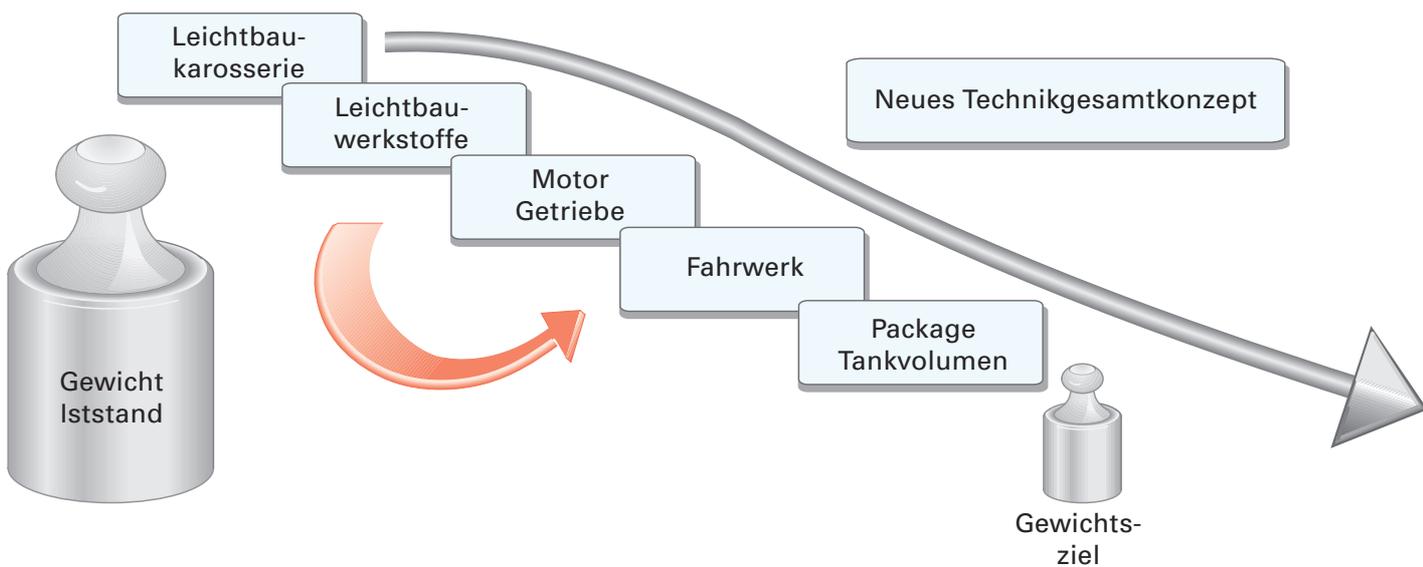
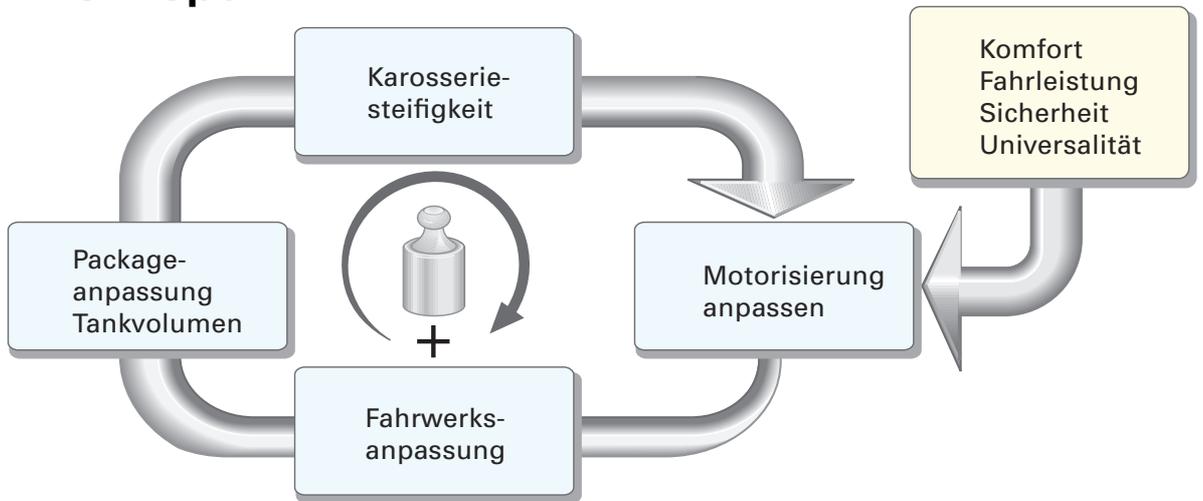
Aluintensiver PKW Primäraluminium

SSP239_003

Die Aluminiumrückgewinnung aus Schrott kostet nur noch ein Bruchteil der ursprünglichen Energie.

Audi Space Frame – ASF®

Technikkonzept



SSP239_070

Neuerungen am Audi Space Frame des A2



SSP239_096

Bei jeder Neu- oder Weiterentwicklung eines Fahrzeuges muss der Hersteller einander widersprechende Forderungen erfüllen. Einerseits soll das Fahrzeug eine hohe Variabilität bei bestmöglicher Ausstattung und geringstem Kraftstoffverbrauch aufweisen. Andererseits führen zusätzliche Ausstattungs- und verschiedene Anpassungsmaßnahmen zu einer Gewichtszunahme, die einem niedrigen Kraftstoffverbrauch entgegensteht.

Um diese Gewichtsspirale zu durchbrechen, wurde mit dem A2 ein neues Technikkonzept durch Einsatz von Aluminium und ASF® erstellt.

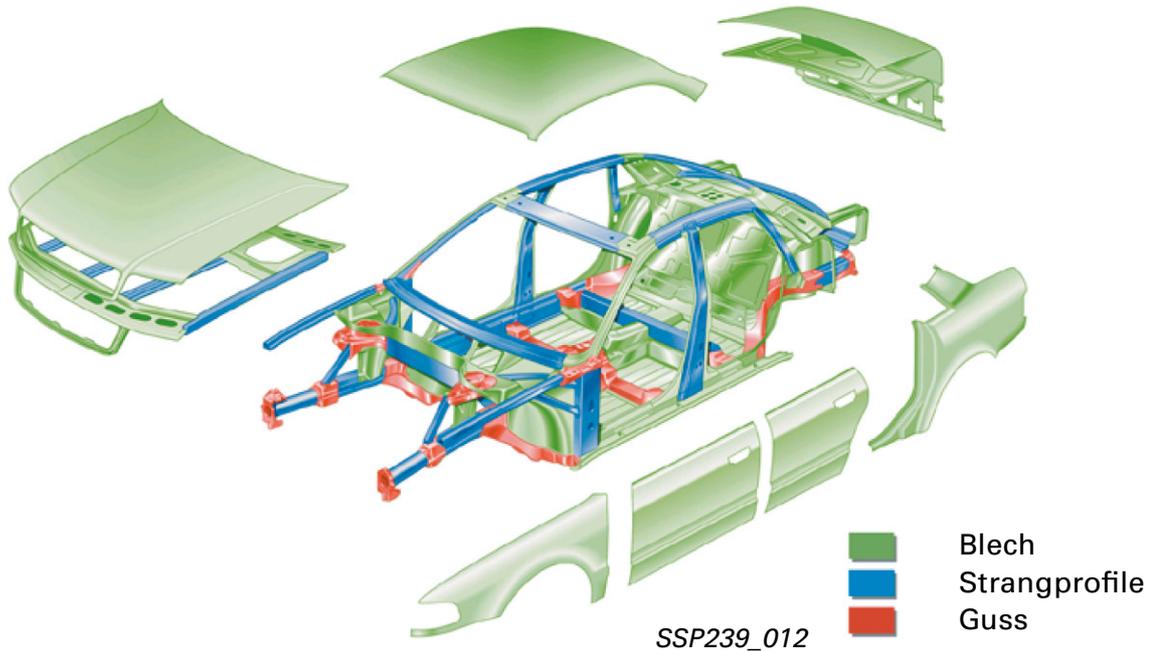
Wie schon mit dem Audi A8 ist auch beim Audi A2 die Gewichtsreduzierung durch das neue Konzept erstaunlich.

Die Neuerungen am Audi Space Frame bestehen in:

- Reduzierung der Karosseriebauteile auf nur ca. 230 Bauteile
- multifunktionelle Großussteile
- Weiterentwicklung der Aluminiumtechnologie z. B.:
 - 30 m Laserschweißnähte
 - Aluminiumprofile für Dachrahmen im Innenhochdruckverfahren geformt,
 - Seitenteil aus einem Stück gepresst

Audi Space Frame – ASF®

Übersicht ASF® - A8 und A2



Der Audi Space Frame® A8 ist ein Verbund von Aluminium-Profilen und Aluminium-Druckguss-Knoten.

An dieser Audi Rahmenkonstruktion werden alle weiteren Alu-Karosserieteile durch Schutzgasschweißen, Stanznieten, Kleben sowie durch Clinchen (Verstemmen zweier Bleche) befestigt.

Gewichtsverteilung

Blechteile - 55 %	=	138,20 kg
Profilteile - 22,7 %	=	56,50 kg
Gussteile - 21,8 %	=	54,30 kg

Gesamtgewicht des ASF®	=	249,00 kg

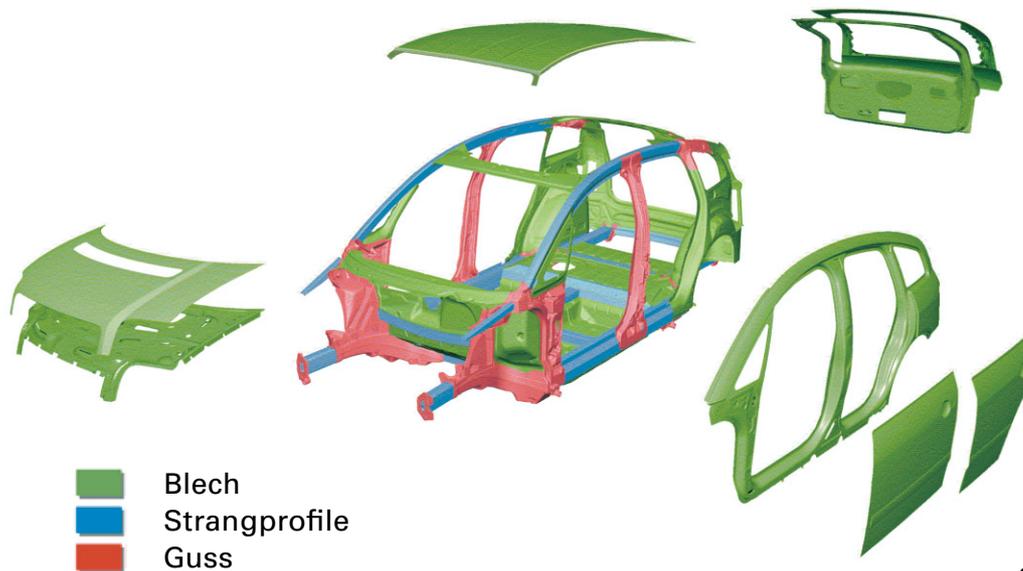
Teileanzahl

Blechteile - 71 %	=	237 Teile
Profilteile - 14 %	=	49 Teile
Gussteile - 15 %	=	50 Teile

Gesamtteilezahl des ASF®	=	336 Teile

Übersicht Fügearten

Stanznieten	=	1100 Stück
MIG-Nähte	=	70 m
Schweißpunkte	=	500 Stück
Clinche	=	178 Stück



SSP239_013

Der Audi Space Frame® A2 besteht aus einem Verbund von Aluminiumstrangprofilen in multifunktionalen Vakuumdruckgussteilen (Großgussteile).

Durch konsequente Weiterentwicklung wurde die Anzahl der Teile reduziert.

Neu ist das Laserstrahlschweißverfahren.

Gewichtsverteilung

Blechteile - 60,6 %	=	92,80 kg
Profilteile - 17,6 %	=	27,00 kg
Gussteile - 22,1 %	=	33,20 kg

Gesamtgewicht des ASF®	=	153,00 kg

Teileanzahl

Blechteile - 81,3 %	=	183 Teile
Profilteile - 9,8 %	=	22 Teile
Gussteile - 8,9 %	=	20 Teile

Gesamtteilanzahl des ASF®	=	225 Teile

Übersicht Fügearten

Stanznieten	=	1800 Stück
MIG-Nähte	=	20 m
Laser-Nähte	=	30 m



Bauteile

Multifunktionale Großgussteile mit funktions-optimierter Wandstärke und Gewicht, sowie optimierter Bauteilstruktur.

Vakuum-Druckgussteile besitzen neben guten Festigkeitseigenschaften auch eine hohe Verformbarkeit, da sie in der Struktur wie z. B. bei den Längsträgern 2, Federbeinaufnahmen sowie A- und B-Säulen vorwiegend in crashrelevanten Bereichen eingesetzt werden.

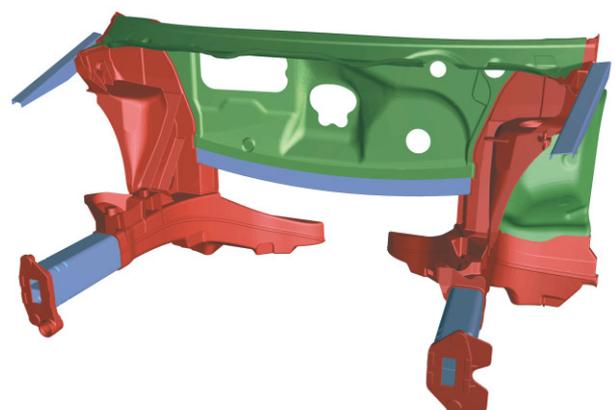
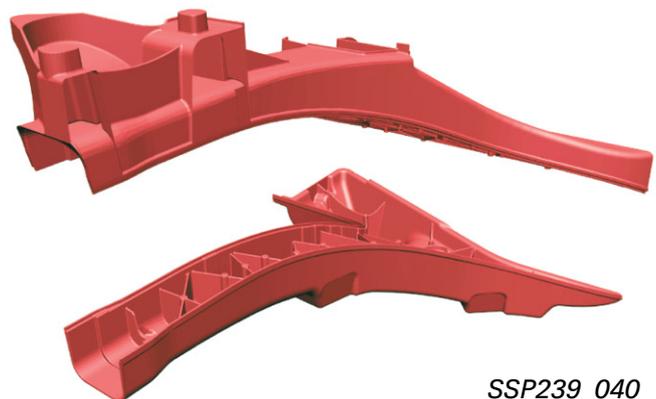
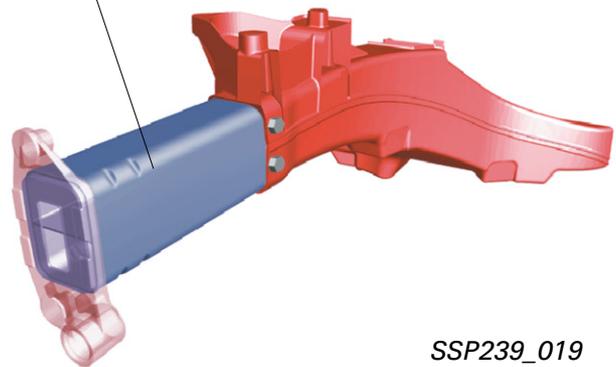
Der Längsträger 2 hat durch die Ausführung als Vakuumgussteil eine Reihe von Vorteilen gegenüber herkömmlicher angewandter Fertigungstechniken:

- Die beiden Halbschalen der Längsträger sind bezüglich ihrer Wandstärkenverteilung und der nach Strukturberechnung festgelegten Rippenstruktur für ein definiertes Deformieren konzipiert.
- Die Anschraubpunkte der Vorderachse in den Unterschalen wurden so konstruiert, dass die Deformationsenergie in den Längsträger und nicht in den steifen Hilfsrahmen geleitet wird.
- Durch Integration der Getriebe- und Motorlageranbindung, der Anbindung Hilfsrahmen, der Aufnahme Einsteckwagenheber sowie der Gehängeaufnahmepunkte bilden diese beiden Gushalbschalen ein multifunktionales Großbauteil.
- Neben der Gewichtseinsparung konnte auch die Teilezahl verringert werden.

Vorderwagen

Aus dieser Längsträgerstruktur wird dann durch ein zusätzliches Großgussteil „Federbeinaufnahme“, der Stirnwand vorn, dem Pedalquerträger und den vorderen Radhäusern der komplette Vorderwagen gebildet.

geschraubter Längsträger



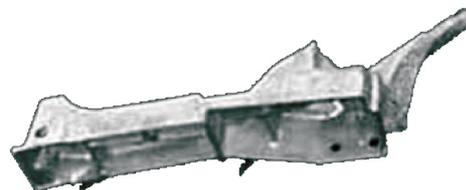
Die Weiterentwicklung des Vakuum-Druckgießens ermöglicht heute wesentlich größere Bauteilgeometrien, z. B. die A- und B-Säulen im Audi A2.

Gussteile ASF® A8

Knotenelemente mit Toleranzausgleich
Diese Teile werden im Vakuumdruckgussverfahren (Vacural®) hergestellt.

Für den weiteren Montageprozess sind porearme und gut schweiszbare Teile erforderlich.

Diese Teile haben gute Eigenschaften im Crashverhalten bezüglich Verformung und Energieabsorption.



SSP239_032

Knotenelemente A-Säule (A8)

Gussteile ASF® A2

Multifunktionale Großgussteile mit minimierter Wandstärke und Gewicht sowie verbesserter Bauteilgenauigkeit.

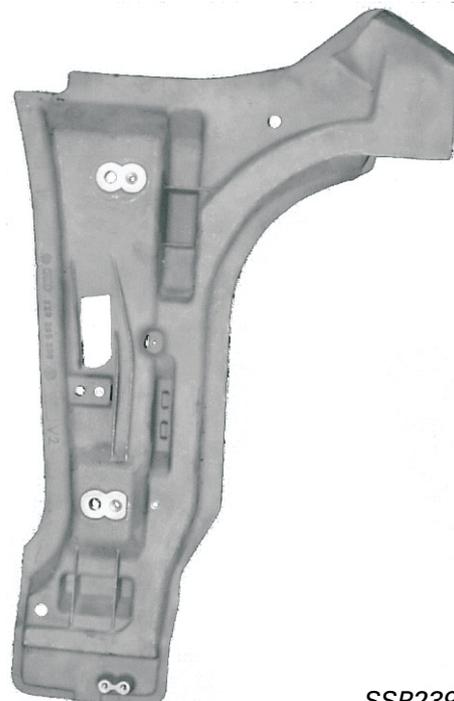
Durch neu entwickelte Legierungen konnte das Gießverfahren weiter entwickelt, das Recycling verbessert und auf nachfolgende Wärmebehandlung verzichtet werden.

Zusammen mit einer optimierten Peripherie (Werkzeugtechnik) wurde die Maßhaltigkeit der Teile erhöht.

Die vorgegebenen Möglichkeiten der bisherigen Knotentechnik konnten durch die Großgussteile erweitert werden.

Eine reduzierte Teilezahl und damit auch ein geringerer Fügeaufwand sind die Folge.

Durch diese optimierten Gestaltungsmöglichkeiten wurde so eine Integration von Multifunktionalität sowie die Reduzierung von Teilen erreicht.



SSP239_033

Großgussteil A-Säule (A2)



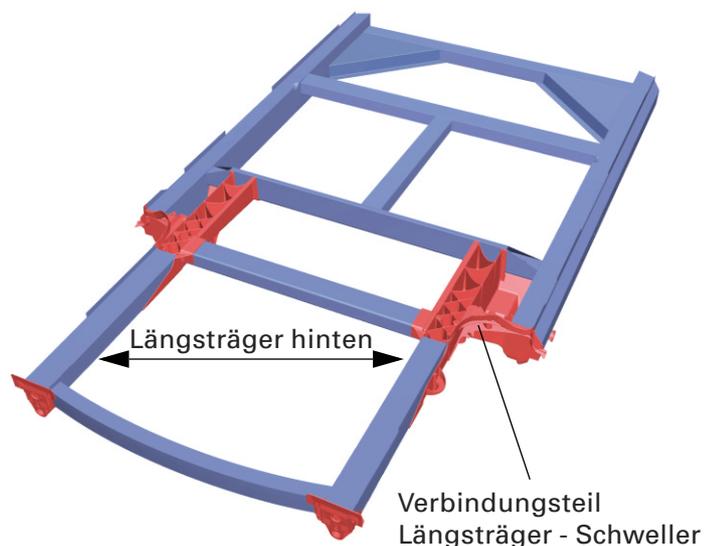
Audi Space Frame – ASF®

Anbindung Mittelboden und Hinterwagen

Der Rahmen der Unterbodenstruktur besteht aus geraden Strangpressprofilen, die mittels MIG-Kehlnahtschweißen verbunden sind. Dabei entfallen die noch beim Audi A8 notwendigen Guss-Verbindungsknoten.

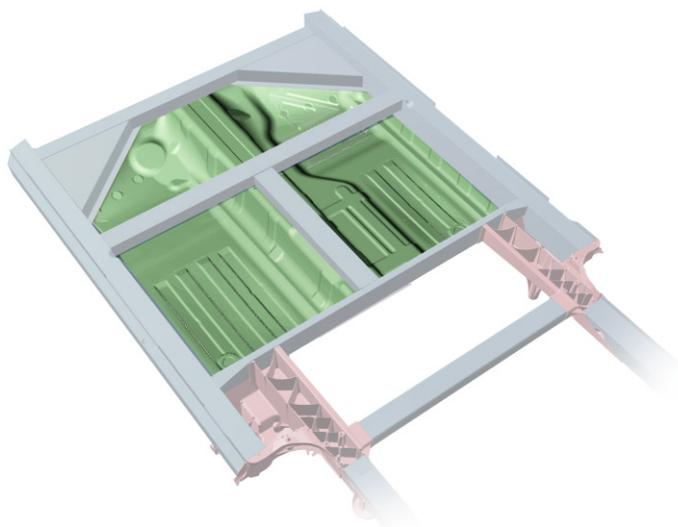
Der ebenfalls relativ einfach strukturierte Hinterwagen mit seiner Längs- und Querträgerstruktur wird durch ein weiteres multifunktionales Großgussteil am Mittelboden angebinden.

Dieses „Verbindungsteil Längsträger-Schweller“ beinhaltet die Hinterachs-anbindung, die Auflage Federteller, die Aufnahme Einsteckwagenheber und die Aufnahmepunkte für die Fertigung.



SSP239_023

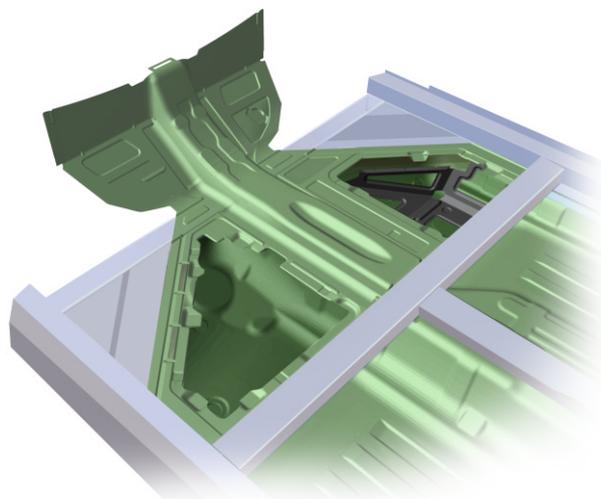
Anbau- und Außenhautbleche



SSP239_071

Durch eine einteilige Bodenwanne und ein höherliegendes Bodenblech vorn im Bereich des Fahrer- und Beifahrersitzes konnte ein zusätzlicher Stauraum für diverse Nebengeräte und Steuergeräte geschaffen werden.

Die Beinfreiheit der Fondpassagiere sowie die ergonomische Sitzposition wurde durch eine tiefliegende Fond-Bodenwanne wesentlich verbessert. Die Größe und Komplexität der Bodenwanne sowie eine aus Festigkeitsgründen relativ geringe Wanddicke konnten nur durch eine konstruktionsbegleitende Tiefzieh-simulation realisiert werden.



SSP239_027

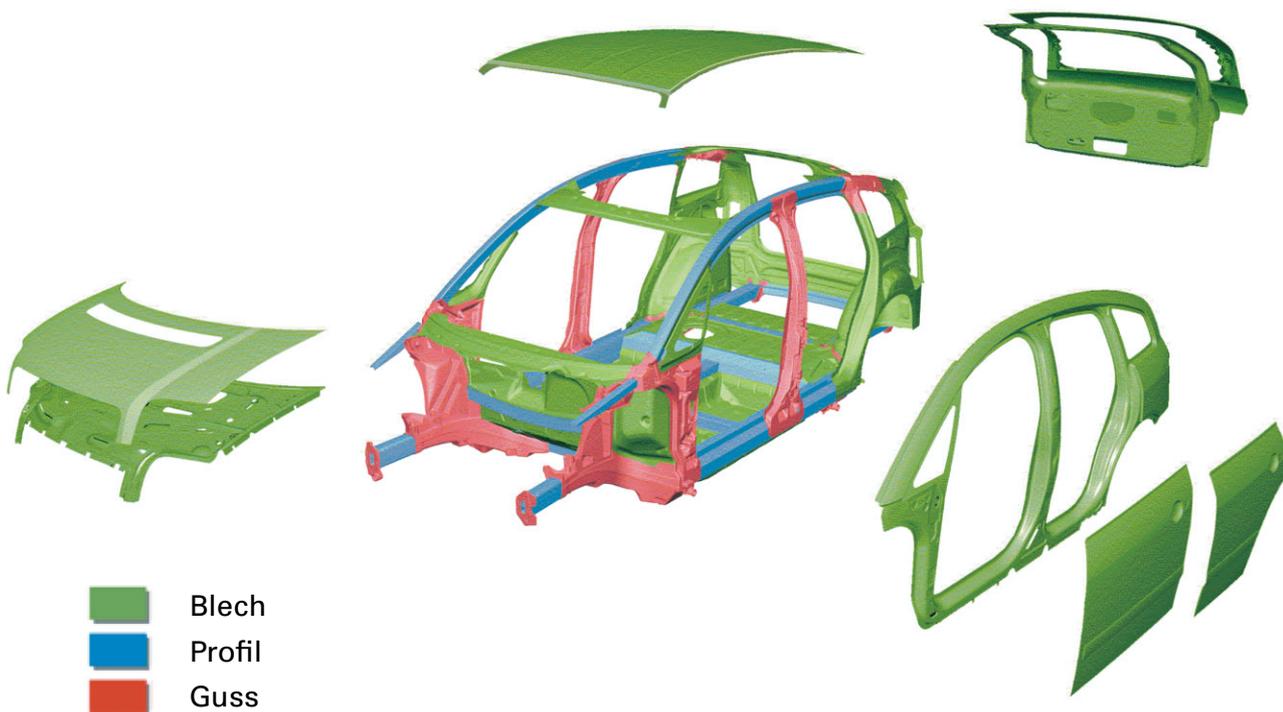
Anbau- und Außenhautbleche

Beim Audi A2 kommen vorwiegend warmaushärtbare Werkstoffe zum Einsatz, da sie den besten Kompromiss aus guter Umformbarkeit, guten mechanischen Eigenschaften und guter Korrosionsbeständigkeit darstellen.

Nach der Umformung bzw. Fertigstellung der Rohkarosserie wird das Material durch eine Wärmebehandlung (205 °C) in der Karosseriebau-Linie dahingehend verändert, dass die mechanischen Eigenschaften wie Streckgrenze und Zugfestigkeit erhöht und Werte vergleichbar mit konventionellen Tiefziehstählen erreicht werden.

Die durch die nachträgliche Wärmebehandlung erzielte Verbesserung der Materialkennwerte erlaubt eine zusätzliche Gewichtsoptimierung.

Dimensionierungskriterium für die Außenhautbleche ist die Vermeidung bleibender Beulen durch Hagelschlag oder lokale Drücke beim Polieren oder Schließen von Klappen.



SSP239_013