

Modulare Leichtbaustruktur des Urban Modular Vehicles aus dem DLR-Next Generation Car(NGC)-Projekt.

Leichtbau in der automobilen Zukunft – Perspektiven für den Guss

Das DLR-Institut für Fahrzeugkonzepte forscht seit vielen Jahren an innovativen Gussbauweisen und gibt im Folgenden einen Ein- und Ausblick zu Gussanwendungen im automobilen Leichtbau.

VON ELMAR BEEH, STUTTGART

Gussteile bieten vielfältige Möglichkeiten, um zur Massereduktion von Fahrzeugen beizutragen. Die Elektrifizierung des Antriebsstrangs und das konzentrierte Marktwachstum insbesondere in China führen aber zu der Frage, welche Perspektiven sich für die hier ansässige Gießerei-Industrie ergeben.

Globale Trends und Herausforderungen

Deutschland ist noch immer eine der führenden Exportnationen und das Automobilland schlechthin. Doch die Zukunftstrends in dieser unruhigen Zeit werden von anderen Regionen der Welt gesetzt. Im chinesischen Shenzhen, einer Stadt mit 12,5 Mio. Einwohnern, fahren beispielsweise inzwischen mehr als 16 000 Elektrobusse aus chinesischer Produktion [1]. Anders als in der westlichen Welt, greift die Regierung in China allerdings auch wesentlich stärker in Entwicklungstrends und insbesondere in das Produktportfolio der Automobilhersteller mit ein.

In Deutschland brummt die Wirtschaft dennoch – und das ist möglicherweise gefährlicher als mancher denkt. Studien gehen von einem kontinuierlichen Wachstum des globalen Auto-

mobilmarktes von heute ca. 90 Mio. Fahrzeugen auf ca. 110 Mio. Fahrzeugen pro Jahr in 2025 aus. Der für die Gießerei-Industrie wichtige Markt der Verbrennungsmotoren bleibt dadurch trotz Elektromobilität mindestens erhalten [2]. Im Bereich der Verbrennungsmotoren ist jedoch wahrscheinlich, dass es bedingt durch den Dieselskandal, aber vor allem durch Hybridisierung und Elektrifizierung, weniger Neuentwicklungen und Investitionen in diesem Bereich geben wird. Durch sinkenden Innovationsdruck sind Verlagerungen in den Lieferketten bei Standardtechnologien für Kunden einfacher umzusetzen, sodass Marktanteile, trotz guter Gesamtwirtschaftslage, verloren gehen können.

Welche Rolle spielt nun der Leichtbau in der automobilen Zukunft – und was bedeutete das für die Anwendung von Gussteilen? Leichtbau ist heute wichtig – kostenattraktiver Leichtbau wird auch in der Zukunft wichtig sein. Denn nur so kann die Masse von schweren Hybrid- und Elektrofahrzeugen in einem vertretbaren Rahmen gehalten werden. Und natürlich spielt die Masse eines Fahrzeugs eine Rolle, wenn es um den Energieverbrauch geht. Gussteile können hier im Fahrzeugstrukturbereich und im Fahrwerk wichtige Beiträge leisten. Gerade der Struktur-guss hat großes Wachstumspotenzial, weil sich hier oftmals, neben der Massereduzierung, gute Möglich-

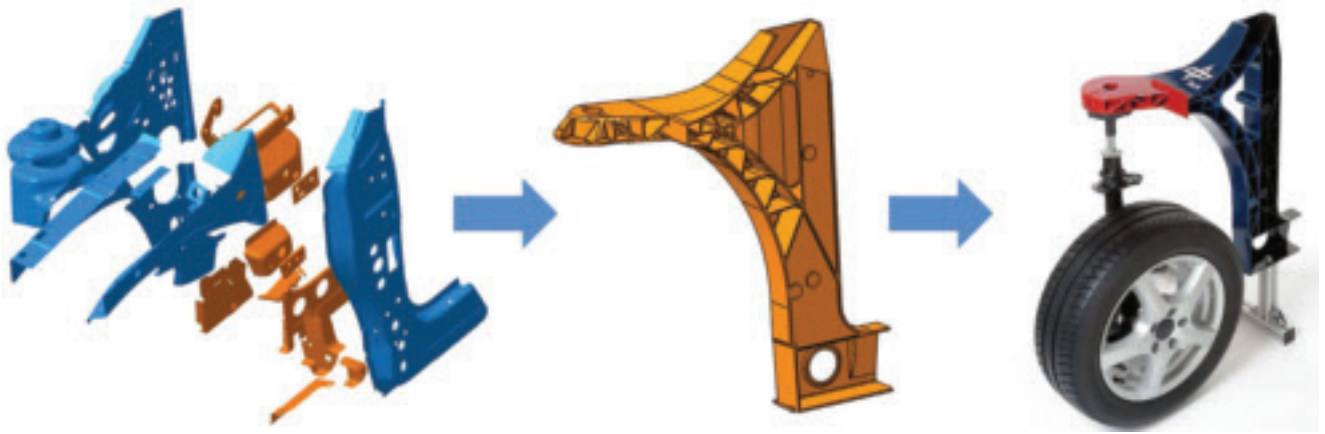


Bild 1: Hochintegrierter A-Säulen-Gussknoten (DLR, Institut für Fahrzeugkonzepte, Stuttgart, 2006).

keiten zur Funktionsintegration und zu Verbesserungen in der Struktursteifigkeit ergeben. Lösungen aus dem Premiumsegment werden zunehmend auch in den größeren Serien der Mittelklasse eingesetzt. Hiervon können insbesondere Druckgießer profitieren. Die Perspektiven sind also gut – wichtig ist nun, die Weichen zu stellen, um auch zukünftig von dieser Entwicklung zu profitieren.

Perspektiven für den Guss, insbesondere den Druckguss

Das DLR-Institut für Fahrzeugkonzepte arbeitet an Konzepten und Technologien für innovative Aluminium- und Magnesiumgussteile sowie an Verfahrenskombinationen von Guss mit additiver Fertigung und hat sich daher intensiv mit den Potenzialen von Gusslösungen in Fahrzeugstrukturen beschäftigt. Dabei wurden drei Bereiche identifiziert, in welchen für den Druckguss Zukunftsperspektiven im Bereich des Automobilleichtbaus gesehen werden:

- > Strukturguss-Bauteile
- > Steigerung der Bauteilkomplexität
- > Elektrifizierung in der Automobilindustrie

Strukturguss-Bauteile

In heutigen konventionell angetriebenen Fahrzeugen befinden sich die meisten Gussbauteile natürlich im Antriebstrang. Ein im Verhältnis dazu noch wenig genutztes Einsatzfeld für Gussbauteile ist jedoch nach wie vor die Fahrzeugstruktur. Hier ist es möglich Baugruppen, die konventionell aus mehreren umgeformten und gefügten Blechen bestehen, durch ein größeres, komplexes Strukturguss-Bauteile zu ersetzen. Gussteile für die Fahrzeugstruktur wurden bis vor wenigen Jahren üblicherweise im Premiumfahrzeugsegment – Pionier war hier Audi mit seinem gussintensiven Aluminium-Space-Frame – eingesetzt. Inzwischen sind Aluminium-Druckgusslösungen für den Federbeinbereich auch in mittleren bis großen Stückzahlenszenarien, wie z. B. der aktuellen Mercedes-Benz C-Klasse, im Einsatz und andere große Gussteile, insbesondere im Übergang von Schweller und hinterem Längsträger, verbreiten sich wiederum über das Premiumsegment. Das DLR-Institut für Fahrzeugkonzepte entwickelte bereits 2006 einen A-Säulen-Gussknoten, welcher das große Potenzial intelligenter und zielgerichteter Funktionsintegration demonstrierte. Durch lastgerechte Integration des oberen Federbeinbereichs in eine A-Säulenstruktur konnte so ein Bauteil geschaffen werden, das im Vergleich zur Stahl-Referenz-

struktur bei nahezu gleichem Teilepreis die Masse um mehr als 40 % senkt [3], was in der Aluminiumvariante einer Reduktion von mehr als 4 kg pro Teil und 8 kg pro Fahrzeug entspricht (Bild 1).

Die Relevanz des Strukturgusses ist bei den Druckgießern erkannt und technisch ist man in der Lage, hervorragend gestaltete und qualitativ hochwertige Bauteile herzustellen. Die Attraktivität dieses wachsenden Anwendungssegmentes erregt jedoch auch das Interesse neuer Wettbewerber, die, insbesondere in China, bereit sind den Markt mit großen Investitionen zu erschließen. Die etablierten Druckgusslieferanten haben im Bereich des Strukturgusses gemeinsam mit der Fahrzeugindustrie eine Lernkurve in Bezug auf Bauteilauslegung, Einbindung der Teile in die Struktur (Fügetechnik, Korrosionsschutz), Reparaturkonzepte u.v.m. durchlaufen. Dort, wo es nun nur noch um Lieferung derartiger Teile und nicht um spezifische Alleinstellungsmerkmale geht, muss jetzt aber mit verstärktem Kostendruck gerechnet werden. Hier gilt es, Einsparpotenziale konsequent zu erschließen und zu nutzen.

Die Optimierung der Gussteilkosten beginnt bereits bei der Auswahl der zu integrierenden Komponenten. Daher ist es wichtig, sich mit der Kostenstruktur von Referenzbaugruppen in Blechbauweise zu beschäftigen, um die richtige Integrationsstrategie zu verfolgen. Je nach Priorisierung wird ein strukturell auf geringste Masse und beste mechanische Eigenschaften optimiertes Strukturgussteil oftmals anders aussehen als ein kostenoptimiertes Bauteil.

Eine interessante Möglichkeit, um Kosten von Strukturgussbauteilen über die Herstellprozesskette zu optimieren, ist der Einsatz neuer naturfester Aluminium-Druckgusslegierungen, die bereits im Gusszustand F gute Festigkeitswerte und eine

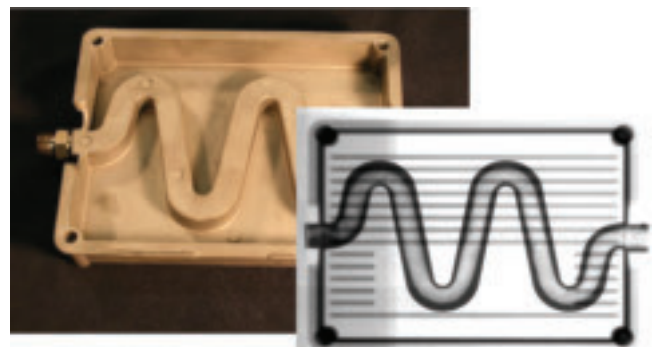


Bild 2: Elektronikgehäuse mit einem durch Gasinjektion hergestellten Kühlkanal [4].

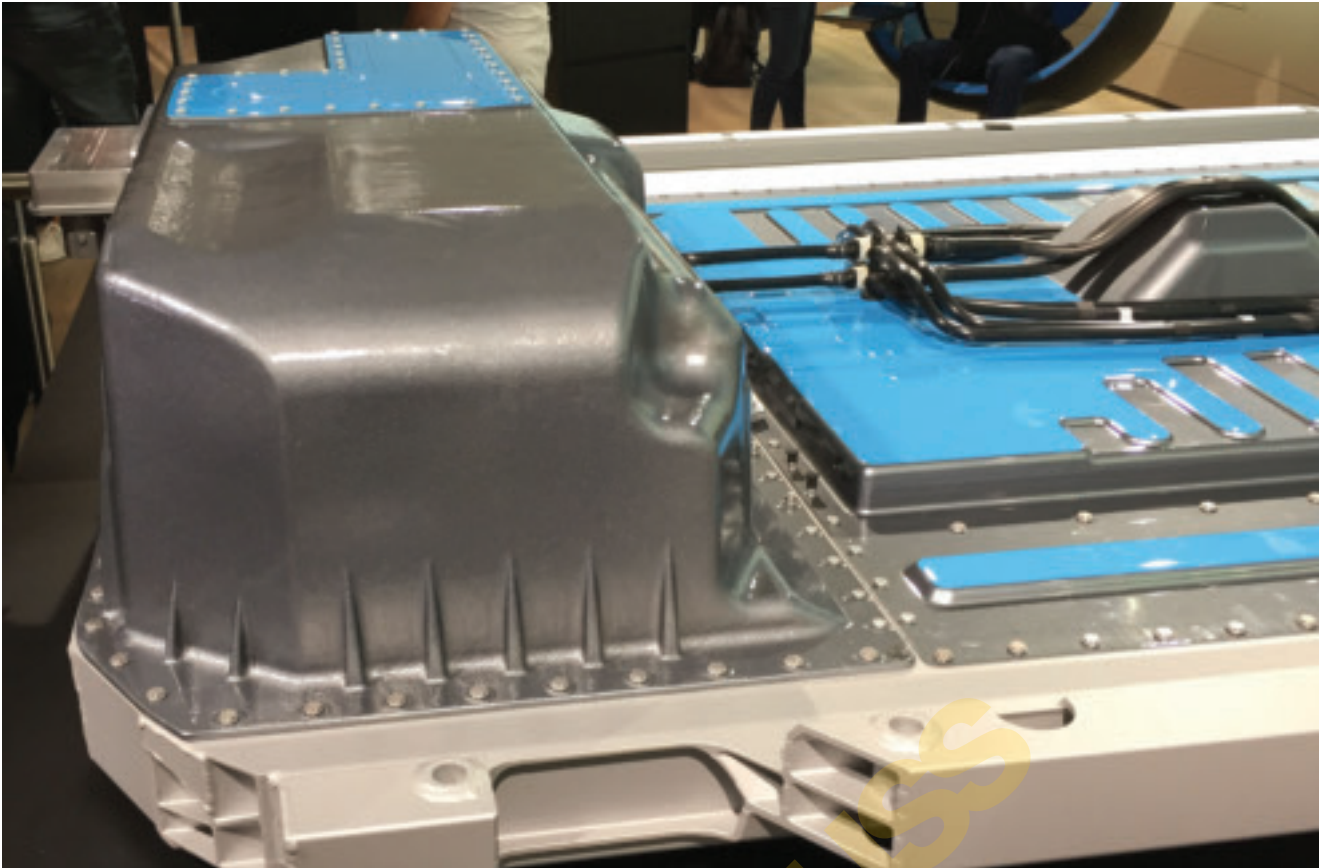


Bild 3: Gussabdeckung am Batteriemodul der neuen Daimler EQ-Modelle (Foto Dr. Elmar Beeh, IAA 2017).

hohe Duktilität aufweisen. Gerade bei den großen Bauteilen im Strukturgussbereich sind die Aufwände für die Wärmebehandlung, für das Richten der Bauteile und für die damit verbundene Logistik nicht zu unterschätzen. Daher kann davon ausgegangen werden, dass ein Einsatz derartiger Legierungen in vielen Anwendungsbereichen wirtschaftliche Vorteile bringt. Das DLR-Institut für Fahrzeugkonzepte hat derartige Legierungen in Zusammenarbeit mit einem Anbieter im Hinblick auf Crashverhalten und die Eignung für unterschiedliche mechanische Fügeverfahren untersucht [3] und sieht aufgrund der interessanten Kombination mehrerer sehr positiver Eigenschaften, wie z. B. einer vergleichsweise hohen Dauerschwingfestigkeit verbunden mit einer sehr guten Duktilität und guter Fügeignung, hohes Potenzial für Einsatzbereiche wie z. B. den Federbeindom.

Steigerung der Bauteilkomplexität

Neben einem Fokus auf Kosteneinsparpotenziale bei den bereits im Einsatz befindlichen Gussbauteilen ist es, insbesondere in einer Zeit hoher Arbeitslast und Auslastung, wichtig, die technologischen Grenzen, z. B. durch Steigerung der Bauteilkomplexität, stetig zu erweitern und zukünftige Enabler-Technologien in der eigenen Forschung und Entwicklung zu adressieren. Interessante Themenfelder sind hier beispielsweise die unterschiedlichen Technologierouten zur Herstellung von Kanälen und Hohlräumen in Druckgussteilen. Neben den Arbeiten zu Salzkerneinlegern gibt es die Möglichkeit, Kanäle durch das Ausblasverfahren herzustellen (Bild 2). Hier ist der Hochschule Aalen der grundsätzliche Nachweis gelungen, dass Ausblasverfahren, wie bereits im Kunststoffbereich eingesetzt, auch in den metallischen Druckgussprozess einsetzbar sind [4]. Die technischen Herausforderungen sind jedoch aufgrund der sehr

schnellen Erstarrung der Schmelze groß. Das Beherrschen einer derartigen Prozessführung hat jedoch das Potenzial in vielen Anwendungen relevante technische und wirtschaftliche Vorteile zu erzielen.

Leichtbaulösungen im Automobil führen tendenziell zu intensiverem Materialmix und somit zu Herausforderungen im Bereich der Fügechnik und des Korrosionsschutzes. Um eine Integration von Aluminium- und Magnesiumussteilen in Fahrzeugstrukturen zu erleichtern, wären umgossene Einleger, welche die Kompatibilität zur Umgebungsstruktur herstellen, von großem Nutzen. Druckgussteile mit beispielsweise eingegossenen Stahl-Fügelanschlüssen könnten somit direkt mit den etablierten Punktschweißanlagen in Stahlstrukturen integriert werden. Dabei kann das Gussteil bereits in geeigneter Weise gegen Korrosion geschützt sein. Dort, wo derartige Lösungen nicht infrage kommen, ist es wichtig, die Potenziale und Grenzen möglicher Fügeverfahren, wie z.B. dem Stanznieten oder Fließformschrauben, zu kennen und in der Konstruktion zu adressieren.

Elektrifizierung in der Automobilindustrie

Die Elektrifizierung des Antriebsstrangs führt zu starken Veränderungen im Teilespektrum eines Fahrzeugs. Während Komponenten des Verbrennungsmotors entfallen, werden andere, teils komplexe Bauteile benötigt. Neue hochintegrierte Gussbauteile vereinen beispielsweise das Gehäuse für Elektromotor, Getriebe und Differenzial und verfügen über eine integrierte Wasserkühlung.

Neben den klassischen Gusseinsatzgebieten in Gehäusen von Getrieben und Elektromotoren bieten sich auch neue Möglichkeiten bei komplexen Batteriegehäusen. Heute bereits im Einsatz sind Gussteile in Hybridfahrzeugen mit kleineren Batteriewannen. In größeren Batterieboxen könnte der Einsatz von

Gussmodulen sinnvoll sein, wenn damit Anforderungen wie die Steigerung der Prozesssicherheit bei der Modulmontage (weniger einzeln gefügte Anbindungspunkte, geringere Lagetoleranzen) sowie die Verringerung des Korrosionsrisikos in der Batteriebox adressiert werden können. Auch für Batterieboxdeckel mit steifen, gut abdichtbaren Flanschbereichen sind Gussteile vorteilhaft einsetzbar, wie es beispielsweise Daimler am Batteriemodul der neuen EQ-Modelle zeigt (**Bild 3**).

Potenziale erkennen und nutzen

Neben den genannten Anwendungsfeldern, in welchen Potenziale durch technologische Fähigkeiten und Alleinstellungsmerkmale erschlossen werden können, ist es aus Sicht des DLR-Institutes für Fahrzeugkonzepte wichtig, die vielfältigen Möglichkeiten der Digitalisierung in der Herstellungsprozesskette von Gussteilen, z. B. durch intelligente Kombinationen von Gussverfahren und additiver Fertigung oder die bessere Nutzung von Daten zur Prozesskontrolle, zu erkennen und bestmöglich zu nutzen. Dadurch können die Effizienz der Prozesse gesteigert, Qualität verbessert und Kosten gesenkt werden. Dies, in Kombination mit einer für viele Fahrzeughersteller wichtigen globalen Lieferfähigkeit, ist wichtiger Bestandteil für die Wettbewerbsfähigkeit im globalen Marktumfeld.

Schlussfolgerungen

Gussteile verfügen auch in Zeiten des technologischen Wandels über erhebliches Potenzial, um in zukünftigen Fahrzeugen zum

Einsatz zu kommen. Dabei wird es immer wichtiger, im globalen Wettbewerb über technologische Fähigkeiten und Alleinstellungsmerkmale zu verfügen, die dem Fahrzeughersteller den entscheidenden Vorteil im jeweiligen Anwendungsgebiet verschaffen. Das DLR-Institut für Fahrzeugkonzepte unterstützt dabei seine Kunden nicht nur in Forschung und Entwicklung innovativer Gussbauweisen, sondern bietet mit seiner Fachtagung „WerkstoffPlus Auto“ in Stuttgart auch eine Plattform, um technologische Anforderungen und Trends bei neuen Fahrzeugkonzepten zu erkennen und zu diskutieren.

Dr.-Ing. Elmar Beeh, DLR-Institut für Fahrzeugkonzepte, Abteilungsleiter Werkstoff- und Verfahrensanwendung Gesamtfahrzeug, Pfaffenwaldring 38-40, 70569 Stuttgart, Tel.: 0711-6862-8311, E-Mail: elmar.beeh@dlr.de

Literatur:

- [1] https://www.ingenieur.de/technik/fachberei_che/e-mobilitaet/weltrekord-shenzhen-hat-16-359-busse-auf-elektroantrieb-umgestellt/
- [2] Vortrag Feikus F. J., Heiselbetz C.: *Elektromobilität – Herausforderungen für den Aluminiumguss*, 17.01.2018, Euroguss 2018.
- [3] Vortrag Piazza G., Wiesner S., Harborth A.: *Eigenschaften und Potentiale von neuen naturfesten Aluminium-Druckgusslegierungen*, Fachtagung für neue Fahrzeug- und Werkstoffkonzepte „WerkstoffPlus Auto“, 21.01.2018, Stuttgart.
- [4] Vortrag Kallien L.: *Hollow Die Castings using Salt Core and Gas Injection Technology*, Fachtagung für neue Fahrzeug- und Werkstoffkonzepte „WerkstoffPlus Auto“, 15.02.2017, Stuttgart.