



Während sich Gießereifachleute am zweiten Tag der VDI-Fachkonferenz in Bremen mit ungehobenen Potenzialen der Elektromobilität beschäftigten, sind Unternehmen der Branche schon seit längerem in das Geschäft mit der E-Mobilität eingestiegen: seit 2015 zum Beispiel GF Herzogenburg in Österreich. Diese Druckgießmaschine mit Schließkräften von beachtlichen 4400 Tonnen wird gerade für die Fertigung von Batteriegehäusen vorbereitet.

# Elektrofahrzeuge – ungehobene Potenziale für Gießer

VDI-Fachkonferenz Gießtechnik und E-Mobilität – Teil 2: Komponenten für E-Fahrzeuge

VON GERD KRAUSE, DÜSSELDORF

**W**erkstoffe für die E-Mobilität und besondere Herausforderungen in der Praxis standen am zweiten Tag der Bremer VDI-Konferenz vom 12. bis 13. Dezember 2017 im Fokus. „Batterie- und E-Motorgehäuse in Aluminium-Hybridbauweise“ war das Thema von Dipl.-Ing. (FH) Jonas Bodenbender und B. Eng. Patrick Santherr, Handtman Leichtmetallgruppe in Biberach a. d. Riß.

„Schon früh zeigte sich, dass die Feinheiten der Gießtechnik auch in der E-Mobilität eine entscheidende Rolle spielen werden“, führte Bodenbender aus. Beispielfhaft nannte der Experte ein von der Handtman Leichtmetallgruppe entwickeltes E-Motorgehäuse mit Kühlmantel in Hybridbauweise sowie ein Batteriegehäuse-Konzept in Leichtbauweise für einen künftigen Hochvoltpeicher eines Elektrofahrzeugs.

Für Elektrofahrzeuge hat die Handtman-Entwicklung ein neues Konzept aufgelegt, das sich derzeit

im Zustand der praktischen Erprobung befindet: Ein im Druckgießverfahren hergestelltes Motorgehäuse, das zusammen mit einer Aluminiumhülse eine integrierte Kühlung bildet. Beide Bauteile verbindet ein druckgussgeeignetes Schweißverfahren zu einer quasi-monolithischen Einheit, die auf Dichtungen weitgehend verzichten kann. Dadurch entsteht ein sehr robustes und leistungsfähiges E-Motorgehäuse. „Die durch das Herstellungsverfahren bekannten Eigenschaften beider Komponenten wurden bei der konstruktiven Auslegung vorteilhaft genutzt“, wie Santherr erläuterte. „Die nur sehr geringe mechanische Bearbeitung und der druckgussgeeignete Schweißprozess erzeugen eine über Lifetime dichte Kühlgeometrie zwischen Gussgehäuse und Hülse“, versprach der Gießereifachmann.

Dem E-Motorgehäuse-Konzept gingen umfangreiche Versuche und Berechnungen der Kühlgeometrie voraus. Diese besteht aus jeweils einem Ringkanal an Vor- und Rücklaufanschluss sowie einem kontinu-

ierlichen Kühlpalt zwischen den Ringkanälen. Als Ergebnis stellte sich heraus, dass bereits mit einem vergleichsweise schmalen Kühlpalt eine sehr zuverlässige und effiziente Kühlung dargestellt werden kann. Eine Anpassung der Kühlgeometrie auf verschiedene Leistungsniveaus der Kunden sei problemlos möglich. „Der einfache Fertigungs- und Montageablauf sowie das zur Verbindung beider Komponenten eingesetzte Rührreißschweißen gewährleisten, dass im Kühlkreislauf keine Gefahr der Verschmutzung durch beispielsweise Zunder- oder Spanreste besteht“, versicherte Santherr. Im Ergebnis sei eine gleichmäßige Kühlung ohne Dichtheitsrisiko über Lebensdauer erreicht worden.

Der Gießerei-Experte hielt fest: „Das Handtmann-Konzept mit Motorgehäuse und eingeschweißter Aluminiumhülse taugt durch den minimalen Wandaufbau von 10 bis 14 mm sehr gut zum Leichtbau.“ Die Einsparungen an Gewicht und Bauraum am Motorgehäuse könnten wiederum zur Auslegung eines leistungsfähigeren und größeren E-Motors genutzt werden. Die hohe Festigkeit der Hülse garantiert eine sichere Drehmomentabstützung. Beim E-Motorenkonzept handelt es sich um ein großserientaugliches Konzept.

### Hochvoltpeicher – Konzepte für die Zukunft

Für die Zukunft der E-Mobilität steht eine gravierende Umstellung im Fahrzeug bevor, betonte Bodenbender im Hinblick auf künftige BEV (Battery Electric Vehicle). „Der Hochvoltpeicher stellt sicher für lange Zeit das größte und schwerste Bauteil im E-Fahrzeug dar“, sagte Bodenbender. Die Traktionsbatterie nutzt hierbei nahezu den kompletten Bauraum zwischen den Achsen. Ab 2020 wird zum Beispiel Volkswagen mit solchen Flachspeicherausführungen mit der I.D. Family in Serie gehen. Weitere Hersteller verfolgen ähnliche Konzepte, wie der Experte hinzufügt.

„Um allen Fahrzeugherstellern ein taugliches Tool für den Energiespeicher – sprich die Fahrzeugbatterie – bereitzustellen, hat die Handtmann-Entwicklung sich viele Gedanken über fortschrittliche Batteriekonzepte gemacht“, sagte Bodenbender. Eine Anpassung an die wechselnden Anforderungen kommender Fahrzeugstrukturen sei dabei von vornherein fest eingeplant. „In die Gusskonstruktion wurde eine Vielzahl von Basis-Elementen integriert. Dazu gehören Kabeldurchführung, Kühlmittelschlüsse, HV-Steckverbindung, Fahrzeug-Anbindung für das Batteriegehäuse sowie seitliche Knautschzone und Unterfahrerschutz“, wie Bodenbender ausführte.

Nichts an der vorliegenden Studie sei teuer oder aufwendig. „Alles ist einfach skalierbar, bis hin zur Integration des Batterie-Gehäuses als wichtiges Strukturbauteil unterhalb der Fahrzeugkarosserie“, wie Bodenbender ausführte. Das Handtmann-Konzept sei dem Leichtbau verpflichtet. Mit einer Gehäusemasse unter 100 kg – in erster Planungs-Ausführung – würden bereits Nutzlasten an Akku-Zellen über 400kg realisierbar. „Vergleichbare Alternativkonstruktionen sind komplexer im Montageaufbau



FOTO: RHEINMETALL AUTOMOTIVE

Aluminiumgehäuse für den Elektromotor eines Pkw. Der Produktionsstart für die hochkomplexen Aluminiumgehäuse wird Mitte 2018 bei der zu Rheinmetall Automotive gehörenden chinesischen KPSNC Kolbenschmidt Pierburg Shanghai Nonferrous Components erfolgen.

und weisen höhere Systemmassen auf“, versicherte Bodenbender.

Repräsentativ für einen Unfalltest des Batterieträgers mit typischer Belastung ist der Crash-Test nach Norm, GB/T 31467.3-2015. „Die Testergebnisse sind auf Antrieb vielversprechend. Es gibt kein Versagen in der tragenden Struktur sowie keine Deformation der innenliegenden Zellgeometrie“, führte der Handtmann-Experte weiter aus. „Die außenliegende Wabenstruktur aus Aluminium-Druckguss formt eine Art Crashbox zum Schutz der inneren Struktur. So bleiben die Zellabteile frei von plastischer Verformung“, erläuterte er. Die Batteriemodule würden geschützt und etwaige Kurzschlüsse sicher vermieden. „Es liegen bei diesem Beispiel sogar beträchtliche Sicherheitsreserven von mehr als 30 % vor“, ergänzte Bodenbender. Damit könne man für die weitere Auslegung vergleichbarer Systeme arbeiten. „Handtmann kennt die richtigen Stellschrauben um bei gleichbleibender Größe und Crashesicherheit die Systemmasse deutlich zu reduzieren“, folgert der Gießereifachmann. Inzwischen seien Gehäusemassen von unter 70 kg realisiert worden.

### Druckgusslösungen für batterieelektrische Fahrzeuge

Mit Gehäusen für Hochvoltpeicher batterieelektrischer Fahrzeuge befasste sich in seinem „From niche product to commodity – HVS battery trays in aluminium HPDC“ betitelten Vortrag Dipl.-Ing. Jürgen Wüst, Director Research & Development der Magna/Cosma Casting in Markt Schwaben.

Komponenten für E-Mobilität und Leichtbau mit Strukturguss sind beim Zulieferer Magna zwei wesentliche Geschäftsbereiche beim Druckgießen. Grundsätzliche Vorteile des Gießverfahrens sind nach Überzeugung von Jürgen Wüst neben einem Fertigungsansatz gemäß gegossener Endkonturspezifikation ein gutes Oberflächenfinish sowie hohe Maßgenauigkeit für gegossene Toleranzen. Aluminiumgussteile lassen sich mit allen gängigen Verfahren schweißen und für eine Wärmebehandlung an Druckgussteilen gebe es die geeigneten Prozesse um die gewünschten Eigenschaften einzustellen. Für das Druckgießen sprechen ein hoher Automatisierungs-





FOTO: BMW

BMW's derzeitige Antwort auf den Trend zur Elektromobilität ist die BMW i-Modellreihe mit den Elektroautos i3 (Bild) und i8.

grad und die hohe Produktionsrate je Druckgießform. Eine klare Stärke bietet das Verfahren beim Leichtbau, indem fließlängenabhängig Wandstärken von 1 mm zu erreichen seien. Von Vorteil seien auch ein großes Funktionsintegrationspotenzial (Bsp. Federbeinaufnahmen) und dass Komponenten aus Fremdstoffen umgossen oder nachträglich eingearbeitet werden können. Die Recyclingtauglichkeit der gegossenen Produkte ist grundsätzlich eine Stärke von Aluminiumguss.

Ein wesentlicher Faktor im Leichtbau sind Strukturbauteile. Wüst nannte exemplarisch Federbeinaufnahmen (vorn, hinten), A-, B- und C-Säulen, Längs- und Querträger sowie Türstrukturen. Damit sich Leichtbau auch wirtschaftlich umsetzen lässt, müssen einige Anforderungen erfüllt sein, um die Stärken von Strukturguss in konstruktive Lösungen einzubringen. Stärken seien beispielsweise ein hohes Funktionsintegrationspotenzial sowie bereits gegossene Funktionsmerkmale und dadurch wenig Folgeprozesse. Für die Wettbewerbsfähigkeit von Strukturguss sprechen zudem die guten Fügeigenschaften (schweißbar, nietbar etc.) und die Eignung für eine Massenproduktion.

Für einen erfolgreichen Leichtbau mit Strukturteilen muss der Gießer die ganze Prozesskette für die Herstellung von Strukturguss beherrschen. Bei Magna/Cosma beginnt das mit dem Schmelzen der eigenen Aluminium-Legierung Aural-2 und dem anschließenden Vakuum-Druckgießverfahren (High-O-Cast). An den Gießprozess und das Stanzen des Bauteils schließen sich an: Wärmebehandeln (Auraltherm), Richten, Schleifen, CNC-Bearbeiten, Montieren und Oberflächenbehandeln.

Die Erfahrung mit Strukturguss und die Stärken von Druckguss hat Magna auf den Bau von Hochvoltsspeichern übertragen. Wie Gießereifachmann Wüst ausführte, rechnet Magna mit einem steigenden Bedarf an Aluminiumdruckguss bei Hochvoltsspeichergehäusen.

Mit Druckgusslösungen lässt sich der vorhandene Fahrzeugbaureaum optimal für Hochvoltsspeichergehäuse ausnutzen, wie Wüst ausführte. Bei entsprechendem Design sei eine hohe Steifigkeit mit einer hervorragenden Lastaufnahme zu erreichen. Mit der

richtigen AL-Legierung und einer T7 Wärmebehandlung lassen sich zudem hohe duktile Eigenschaften erreichen.

Magna hat das Konzept von Gehäusen für Hochvoltsspeicher bereits vielfach erfolgreich umgesetzt. Am Ergebnis hob Gießereixperte Wüst hervor:

- > Alle Dichtflächen im Gusszustand ohne Nacharbeit hergestellt
- > Im Oberteil sind alle Durchgangslöcher fertig gegossen/gestanz
- > Im Unterteil sind alle Löcher für selbstfurchende Schrauben fertig gegossen
- > Keine mechanische Bearbeitung an den Gussteilen erforderlich
- > Gehäuseinnenraum ohne Auswerferpositionen, um die Funktionalität zu gewährleisten
- > Durch die Legierung Aural-2 und der dazugehörigen Wärmebehandlung Auraltherm sind hervorragende Crasheigenschaften eingestellt
- > Teile werden zu 100 % dichtgeprüft (max. 40 ml/min bei 0,1 bar Überdruck)
- > Restschmutzanforderung an die Bauteile (max. 40 mg im Gehäuseinnenraum und Dichtfläche frei von Rückständen) wird durch Strahlen mit Edelstahlkugeln sichergestellt

Dem Autobauer BMW war das Hochvoltsspeichersystem bereits eine Auszeichnung wert. Magna erhielt dafür den BMW Innovation Award – Leichtbau 2013.

### Zulieferer mit eigener Gießerei

Die „Sicht eines Tier 1-Lieferanten mit eigener Gießerei auf die E-Mobilität und Elektrifizierung der Antriebe“ schilderte Dr.-Ing. Andreas Dworog, Group Director Technology Center Processes der Hengst SE & Co. KG in Münster.

Hengst Filtration stellt heute u.a. Multifunktionsmodule für das Fluidmanagement her. Diese enthalten in der Mehrzahl der Fälle Ölfilter oder Kraftstofffilter wie sie am Verbrennungsmotor benötigt werden. Die dafür benötigten anspruchsvollen Gehäuse wurden in den letzten zwei Dekaden mehrheitlich im Aluminiumdruckgießverfahren hergestellt.

Im Bereich der Flüssigfiltration und Funktionsintegration in ein Gehäuse sieht sich Hengst als Technologieführer. „Das zeigt sich auch daran, dass die Druckgießerei von Hengst fünf Mal in Folge auf dem Siegertreppchen beim internationalen Druckgusswettbewerb gestanden hat“, wie Dworog ausführte (zuletzt auf der Euroguss 2018 für das von Hengst entwickelte und am Standort Nordwalde produzierte Öl-Kühlmittel-Modul für Nutzfahrzeugmotoren von DAF, d. Red.).

Druckguss-Fachmann Dworog gab dennoch zu bedenken, dass der Peak dieser Aluminiumdruckgussgehäuse bereits überschritten wurde. Festzuhalten sei allerdings, dass Aluminiumdruckguss bei den Pkw-Modulen auch dort weiterhin eingesetzt werde, wo restriktive Bauraumanforderungen und/oder zusätzlich tragende Funktionen z.B. als dynamisch beanspruchter Nebenaggregatehalter eine entscheidende Rolle spielen.

Bei Hengst beobachtet man den Markt sehr sorgfältig. Durch vielfältige Gründe wie die zunehmende Elektrifizierung der Antriebe, die Kostensensitivität der OEM, die Entfeinerung der Gehäuse, optimierte Kunststoffe u.v.m. hat der Anteil der Kunststoffmodule im Pkw-Bereich bereits deutlich zugenommen, wie Dworog einräumt. Auch im Nutzfahrzeug, das vielfältig als langlebiges Investitionsgut wahrgenommen werde, seien Trends hin zu Kunststoffen spürbar. Die geringe Innovationsgeschwindigkeit im Leichtmetall im Vergleich zum Kunststoff tue ein Übriges.

„Hybride Antriebe und Range Extender in der Übergangsphase führen häufig zu kleineren Filtern“, erläutert Dworog. Und bei vollelektrischen Antrieben entfallen viele anspruchsvolle Abscheider, Öl- und Kraftstofffilter endgültig. „Unter Umständen kommen einfachere Filter oder Saugfilter in entsprechenden Gehäusen an Getrieben zum Einsatz, denen die Werkstoffeigenschaften von Kunststoffen genügen“, führte Dworog weiter aus und im Langstrecken-Nutzfahrzeug werde der Verbrennungsmotor voraussichtlich noch sehr lange eingesetzt. Festzustellen sei aber auch: „Interessante Verbrennungsmotorische Ansätze, die auf Erdgas oder Wasserstoff setzen, scheinen aus dem Entwicklungsfokus der OEM auszuschneiden und zum Prinzip Hoffnung zu gehören.“ Die CO<sub>2</sub>-Einsparung spiele in den nächsten Jahren eine zunehmend wichtigere Rolle.

„Somit drängt sich sehr deutlich die Frage auf, wie richtet ein Unternehmen mit klassischer Eigengießerei seine Fertigungstechnologien und insbesondere das Druckgießen aus?“, gibt Dworog zu bedenken. Eine Antwort konnte der Hengst-Fachmann bereits geben: „Innovationen, Kosteneinsparung und Diversifizierung spielen hierbei eine entscheidende Rolle.“

## Simulation

„Simulation als Grundlage zur prozessoptimierten Auslegung von Bauteilen für die E-Mobilität“ war das Thema von Dr.-Ing. Götz C. Hartmann, Prokurist, MAGMA Gießereitechnologie GmbH in Aachen.

Der Gießereixperte erinnerte daran, dass Gusskomponenten nicht nur das Rückgrat von Verbrennungsmotoren darstellen, sondern ganz allgemein von hoch funktionsintegrierten Leichtbauteilen. Seit den Anfängen des Motorenbaus vor ca. 150 Jahren bis heute gingen Evolution und Innovation von Motoren Hand in Hand mit den Entwicklungen der Gießereitechnologien und Gusswerkstoffe. „Ohne den Bedarf der Motorenentwickler wäre die Gießerei-Industrie nicht da wo sie heute steht“, sagte Hartmann und umgekehrt wäre der Entwicklungsstand von Motoren ohne die innovativen Möglichkeiten der Gießereitechnologie niedriger als sich heute darstellt.

Sicher werde die Evolution von gegossenen Komponenten für elektrifizierte Antriebe schneller gehen als die der Verbrennungsmotoren. Dafür stünden schon die heute verfügbaren computergestützten Ingenieurwerkzeuge von 3-D-CAD über FE-Analyse und Lebensdauerberechnungen bis hin zur Gießsimulation und der virtuellen Optimierung der Gießprozesse. „Die derzeit klar erkennbaren Anforderungen an Kom-

ponenten für elektrifizierte Antriebe gehen – wie früher bei Antriebssträngen mit Verbrennungsmotoren – in Richtung hoch funktionsintegrierter Leichtbauteile.“ Insbesondere das Wärmemanagement von Motoren, Batteriekästen und Gehäusen für Leistungselektronik bei gleichzeitigen strengen Gewichtsvorgaben werde im Sinne der Effizienz der Antriebe intensiv weiterentwickelt. „Hierzu bieten sich die hohe Gestaltungsfreiheit von Gussteilen und der hohe Reifegrad der industriellen Fertigung von Gusskomponenten in höchsten Stückzahlen an“, zeigte sich Hartmann überzeugt.

Wie alle Fertigungsverfahren prägt auch der Gießprozess die Eigenschaften eines Bauteils: lokale mechanische Eigenschaften oder Eigenspannungen müssen im Zeitraum der Komponentenentwicklung und -Berechnung verfügbar sein. Das ist mit Hilfe der gießtechnischen Simulation, der „virtuellen Gussproduktion“ möglich, wie Hartmann hervorhob. Gleichzeitig diene diese etablierte CAE-Technologie dazu, die schnelle Evolution durch virtuelle Machbarkeitsprüfungen und virtuelles Prototyping zu beschleunigen.

Am Beispiel der Gussproduktion in Deutschland zeigte Hartmann auf, welchen Fortschritt die Gießtechnik auf dem Weg vom Einzelteil zur Massenproduktion über die letzten hundert Jahre zurückgelegt hat. Brauchte es 1910 noch 2500 Gießereien um auf eine Jahresproduktion von 18 000 t zu kommen, so schaffen heute (Stand 2017) 450 Gießereien 5 Mio. t Guss. Ganz wesentlichen Anteil daran hat der Automobilguss.

Die Entwicklungsgeschwindigkeit ist heute ungleich schneller als noch vor einigen Jahrzehnten. Hartmann verdeutlicht das am Beispiel des Verbrennungsmotors. Nimmt man die 150 Jahre Entwicklung seit der ersten Otto-Gasmaschine von 1867 bis heute als 100 %, dann stehen wir damit verglichen in der Entwicklung elektrifizierter Antriebe auf dem Stand wassergekühlter Verbrennungsmotoren von 1924. „Was von 1924 bis 2017, also 93 Jahren brauchte, ist heute in 10 Jahren möglich“, folgerte Hartmann und nannte als Grund für die Beschleunigung 3-D-CAD und die virtuelle Bauteil- und Prozessauslegung, die heute zur Verfügung stehen.

Die virtuelle Optimierung sowohl der Gusskonstruktion, als auch des Gießprozesses im Sinne einer robusten Fertigung für ein Elektromotorengehäuse bieten Potenziale für eine Gussteilqualität „right first time“. Gerade für die sich derzeit in schneller Evolution befindlichen Gusskomponenten für elektrifizierte Antriebe seien das Potenziale, die gehoben werden könnten und müssten. Der Magma-Experte nannte beispielhaft Wärmetauscher, die für die weitere Entwicklung der E-Mobilität eine wichtige Rolle spielen.

So gesehen brauchen Gießer die neuen Entwicklungen nicht zu scheuen. E-Mobilität bedeute, neue Gussteile treffen hoch entwickelte Gießverfahren und Werkstoffe. Die Gießtechnik als Verfahren sei jedenfalls gut aufgestellt und innovationsfreudig. Gießereixperte Hartmann erinnerte daran, dass wichtige technologische Initiativen wie Funktionsintegration von den Gießereien ausgingen.