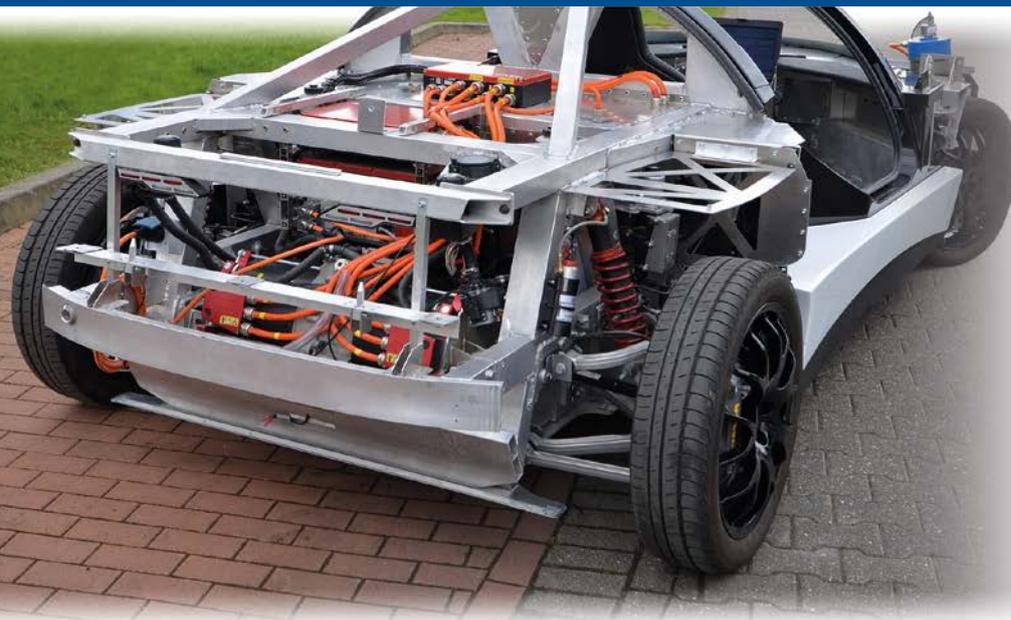


Einfluss der Elektromobilität auf die Massivumformung



Legislative und gesellschaftliche Trends führen global zu einer Veränderung in Angebot und Nachfrage von Fahrzeugen mit hocheffizientem Antriebsstrang. So impliziert beispielsweise die europäische CO₂-Gesetzgebung einen Trend zur Elektrifizierung im Antriebsstrang. Die variierende Dimensionierung und Konstruktion von elektrifizierten Antriebsstrangvarianten resultiert in Veränderungen auf System- und Komponentenebene mit zu erwartenden Auswirkungen auf die Quantität und Dimensionierung der massivumgeformten Bauteile. Daher ist es von erheblicher strategischer Bedeutung für die Branche, den Trend Elektromobilität zu analysieren.

AUTOREN



**Alexander Busse,
M.Sc**

ist Consultant im Bereich Strategie und Beratung bei der fka Forschungsgesellschaft Kraftfahrwesen mbH in Aachen



**Dipl.-Ing.
René Göbbels**

ist Fachgebietsleiter Benchmarking und Strukturanalyse bei der fka Forschungsgesellschaft Kraftfahrwesen mbH in Aachen

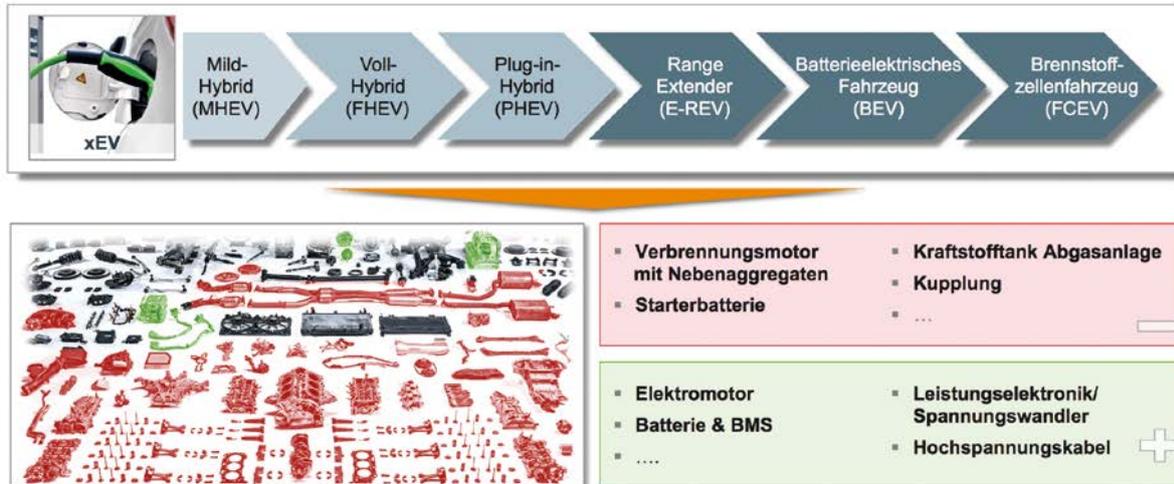


Bild 1: Übersicht elektrifizierte Antriebskonzepte und qualitativer Bauteileinfluss von batterieelektrischen Fahrzeugen (BEV)

Die fka Forschungsgesellschaft Kraftfahrwesen mbH, Aachen hat in Zusammenarbeit mit dem Industrieverband Massivumformung e. V. (IMU), dem Deutschen Schraubenverband e. V. (DS) und dem Industrieverband Härtetechnik e. V. (IHT) eine umfassende Studie zur Klärung dieser Aufgabenstellung durchgeführt.

Zur Ermittlung der Auswirkungen der Elektromobilität auf massivumgeformte Bauteile im Pkw folgt die Studie einem dreiteiligen Aufbau. Eine grundlegende Umfeldanalyse untersucht zu Beginn einerseits den Stand der Forschung zur Ermittlung relevanter Veröffentlichungen sowie andererseits den Stand der Technik in der Antriebstechnologie. Aufbauend auf den erarbeiteten Grundlagen erfolgt im zweiten Schritt eine Detailanalyse der Massivumformung in konkreten Referenzfahrzeugen zur Erstellung einer Übersicht der strukturellen Zusammensetzung und der verbundenen Herstellungsprozesse verschiedener Antriebsvarianten. Im letzten Schritt ermöglicht eine Konsolidierung der Ergebnisse die Berücksichtigung verschiedener Einflussparameter, beispielsweise des Fahrzeugsegments oder weiterer Antriebstopologien beziehungsweise -architekturen. Als Gesamtergebnis der Studie liegt sowohl eine qualitative als auch quantitative Darstellung des Einflusses elektrifizierter Fahrzeugkonzepte auf massivumgeformte Bauteile in den Fahrzeugbereichen Antrieb und Fahrwerk vor.

UMFELDDANALYSE ZEIGT QUALITATIVE EINFLÜSSE DER MASSIVUMFORMUNG

Die Untersuchung öffentlich verfügbarer Studien zur Erarbeitung des aktuellen Stands der Forschung zeigt eine grundsätzliche Adressierung der Wertschöpfungsveränderungen aufgrund der Elektromobilität. Insgesamt werden 266 Quellen untersucht, ausgewertet und in fünf verschiedene Kategorien eingeteilt. Hierbei handelt es sich um allgemeine Studien, F&E-Projekte, Veröffentlichungen aus der Branche der Massivumformer beziehungsweise von Verbänden sowie Fachzeitschriftenartikel und Beiträge bei Konferenzen. Aus diesen Kategorien werden 107 Veröffentlichungen einer detaillierten Analyse unterzogen und dabei zirka zwanzig Studien als besonders relevant klassifiziert.

Die Ergebnisse der relevanten Veröffentlichungen zeigen Verschiebungen in der Wertschöpfungskette, viele Komponenten mit hohem Wertschöpfungsanteil von Zulieferern fallen in batterieelektrischen Antriebssträngen weg. Die Studien gehen allgemein von einem zukünftig zunehmenden Fahrzeugmarktvolumen, jedoch einer Abnahme des relativen Marktvolumens im Bereich Fahrwerk, Lenksysteme, Getriebetechnik und konventioneller Motorentechnik aus. Die Aussagen beschränken sich hierbei jedoch auf die Detailebene der System- und Baugruppenauswirkungen, die

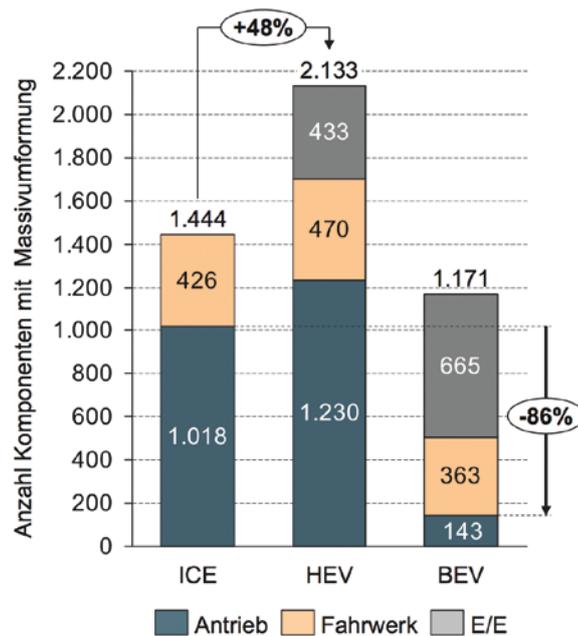


Bild 2: Anzahl der massivumgeformten Komponenten über die Antriebsstrangtopologien bei den Referenzfahrzeugen

nicht zu einer ausreichenden Beantwortung der konkreten Fragestellung hinsichtlich des Effekts auf die Massivumformung dient.

Eine anschließende technische Analyse der Antriebskonzepte untersucht die einzelnen Stufen der Elektrifizierung qualitativ auf den Einfluss auf die Massivumformung. Grundlegend kann festgestellt werden, dass mit zunehmendem Elektrifizierungsgrad der Einfluss auf die massivumgeformten Bauteile zunimmt. Zwar existieren bei Hybridfahrzeugen noch Zusatzkomponenten, der Wertschöpfungsanteil an der Massivumformung sinkt jedoch deutlich im batterieelektrischen Fahrzeug, bedingt durch die vollständige Substitution des Verbrennungsmotors und dessen Nebenaggregate. Als Ergebnis der Umfeldanalyse liegt eine realistische Informations- und Datengrundlage im Hinblick auf elektrifizierte Antriebskonzepte für die nachfolgenden Analysen vor. Für eine genaue quantitative Bestimmung werden im nächsten Schritt der Studie konkrete Fahrzeuge als Referenz definiert und bis auf Bauteilebene detailliert analysiert.

DETAILANALYSE DER MASSIVUMFORMUNG IN ELEKTRIFIZIERTEN FAHRZEUGEN

Den verschiedenen Stufen der Elektrifizierung wird durch die Betrachtung verschiedener Antriebskonzepte Rechnung getragen. Als Referenz für die Detailanalyse der Massivumformung dienen je ein Fahrzeug mit konventionellem Antrieb mit Verbrennungsmotor (ICE), mit Hybridantrieb (HEV) und mit batterieelektrischem Antrieb (BEV).

Das ICE-Fahrzeug verfügt über einen 4-Zylinder-Dieselmotor und repräsentiert die Kompakt- und Mittelklasse als stärkstes

Segment im europäischen Markt. Die Kategorie der Hybridfahrzeuge wird durch einen kompakten SUV aus der Mittelklasse referenziert, dieses Fahrzeug wird mittels eines elektrisch unterstützten 4-Zylinder-Benzinmotors angetrieben. Als Referenz der BEV dient ein Fahrzeug der Kompaktklasse mit zentral angeordnetem Traktionsmotor.

Im Rahmen von Vorarbeiten wurden die drei Referenzfahrzeuge einem Designbenchmarking mit dem Schwerpunkt auf die Fahrzeugbereiche Antrieb und Fahrwerk unterzogen. Im Zuge der Zerlegungen werden die Fahrzeuge in System-, Funktions- sowie Baugruppen bis auf Bauteilebene gegliedert und die entsprechenden Bauteile den einzelnen Bereichen zugewiesen sowie eindeutig benannt. Im Anschluss an die Zerlegung werden alle Bauteile hinsichtlich der Abmessungen, Gewichte, Materialien sowie Füge- und Fertigungstechniken analysiert. Nach Abschluss der Vorarbeiten werden alle Einzelteile hinsichtlich der eingesetzten Fertigungstechnik (zum Beispiel Blecherzeugnis (BL), Massivumformerzeugnis (MU) oder Kunststoffherzeugnis (KU)) kategorisiert und für die weitere Betrachtung insbesondere die Massivumformerzeugnisse priorisiert. Neben dem durch die Referenzfahrzeuge vorgegebenen aktuellen Stand der Technik werden für jedes Bauteil alternative Herstellungsprozesse identifiziert und deren Einsatzwahrscheinlichkeiten für den Gesamtfahrzeugmarkt der jeweiligen Antriebskonzepte abgeschätzt. Zur quantitativen Berechnung des Einsatzes an massivumgeformten (MU) Komponenten werden die resultierenden MU-Anteile der Referenzfahrzeuge mittels Skalierungsfaktoren auf die jeweiligen Segmente und den Gesamtfahrzeugmarkt übertragen.

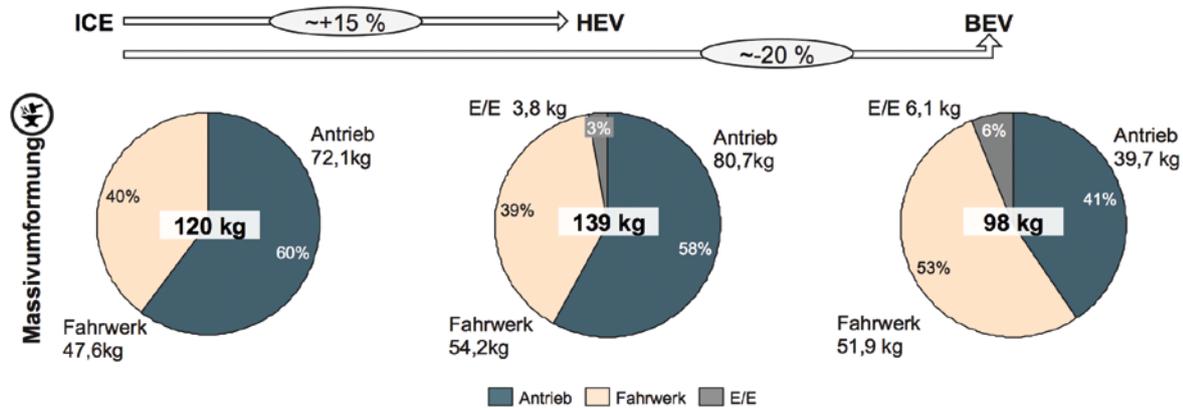


Bild 3: Masse massivumgeformter Komponenten über die Antriebsstrangtopologien im Segment der Mittelklasse

Bilder: Autoren

Ein direkter Vergleich der Komponenten mit Massivumformanteil im Antrieb und Fahrwerk zeigt für repräsentative Fahrzeuge mit konventionellem, hybriden und batterieelektrischem Antriebsstrang einen Anstieg der Teileanzahl insbesondere im Hybridfahrzeug von 1.444 (ICE) auf 2.133 (HEV), wie in Bild 2 dargestellt.

Dies zeigt sich klar bedingt durch den zusätzlichen Antriebsenergieumwandler in Form des Elektromotors und den Energiespeicher Hochvoltbatterie, die insbesondere im Gehäusebereich viele Verbindungselemente aufweist. Eine deutliche Reduzierung der Teileanzahl ist im Bereich Antrieb beim BEV im Vergleich zum verbrennungsmotorischen Fahrzeug zu erkennen (minus 86 Prozent). Neue massivumgeformte Komponenten im Bereich Elektrik und Elektronik (E/E) kompensieren diesen Rückgang nicht, zusätzlich ist eine Differenzierung nach Art und Gewicht notwendig. Hierzu ist eine Generalisierung der Referenzfahrzeuge zur Berücksichtigung verschiedener Einflussparameter, beispielsweise dem Fahrzeugsegment, erforderlich. Dies wird über eine Angleichung mittels empirisch validierter Skalierungsfaktoren realisiert und ermöglicht so auch einen Vergleich der drei Antriebskonzepte hinsichtlich der Masse massivumgeformter Komponenten. Das konventionelle Fahrzeug (ICE) beinhaltet insgesamt etwa 120 kg an massivumgeformten Bauteilen, davon 72 kg im Antrieb und 48 kg im Fahrwerk (Bild 3).

Aufgrund der Zusatzkomponenten in Antrieb und E/E ergibt sich bei dem hybriden Fahrzeug eine Steigerung auf insgesamt 139 kg, dies entspricht einer prozentualen Zunahme von zirka 15 Prozent. Beispiele für neue Komponenten bieten hier die Rotorwelle (~ 5 kg) und auch Verbindungselemente im Bereich des Batteriekastens (0,5 kg). Im batterieelektrischen Fahrzeug

kommt es hingegen zu einer Reduktion um zirka 20 Prozent, insgesamt sind etwa 98 kg massivumgeformter Bauteile vorhanden. Im Bereich des Antriebs kommt es somit zu einer deutlichen Reduktion um 45 Prozent im Vergleich zum ICE-Fahrzeug. Wie beim Hybridfahrzeug zeigt beispielsweise die Rotorwelle des Elektromotors ein Potenzial für die Massivumformung durch neue Komponenten. Die 665 Bauteile im Bereich E/E summieren sich auf etwa 6 kg. Dies zeigt den Schwerpunkt auf kleinen Bauteilen, insbesondere Verbindungselementen, die in diesem Bereich neu hinzukommen. Die dargestellten Werte beziehen sich dabei auf vergleichbare Fahrzeuge aus der Mittelklasse. In anderen Fahrzeugsegmenten kommt es absolut zu geringen Abweichungen, die relativen Differenzen sind jedoch vergleichbar.

ZUSAMMENFASSUNG UND FAZIT

Die vorliegende Studie untersucht quantitativ den Einfluss der Elektromobilität auf die Massivumformung in den Domänen Antrieb und Fahrwerk von Pkws. Insgesamt zeigen die Ergebnisse, dass die Elektrifizierung sowohl einen quantitativen als auch qualitativen Einfluss auf die Massivumformung aufgrund neuer oder geänderter Komponenten aufweist. Bei rein batterieelektrischen Fahrzeugen kommt es zu einer Reduktion der Komponentenzahl und der Masse massivumgeformter Bauteile. Aufgrund von zusätzlichen und neuen Komponenten bieten die einzelnen Stufen der Elektrifizierung jedoch auch Chancen, neues Bauteilpotenzial für die Massivumformung zu erschließen. In diesem Zusammenhang kann abschließend festgehalten werden, dass in Bezug auf konventionelle ICE-Fahrzeuge der Mittelklasse der MU-Anteil bei Hybridfahrzeugen um 15 Prozent zunimmt. Für Elektrofahrzeuge ist hier eine Degression von 20 Prozent zu erwarten.