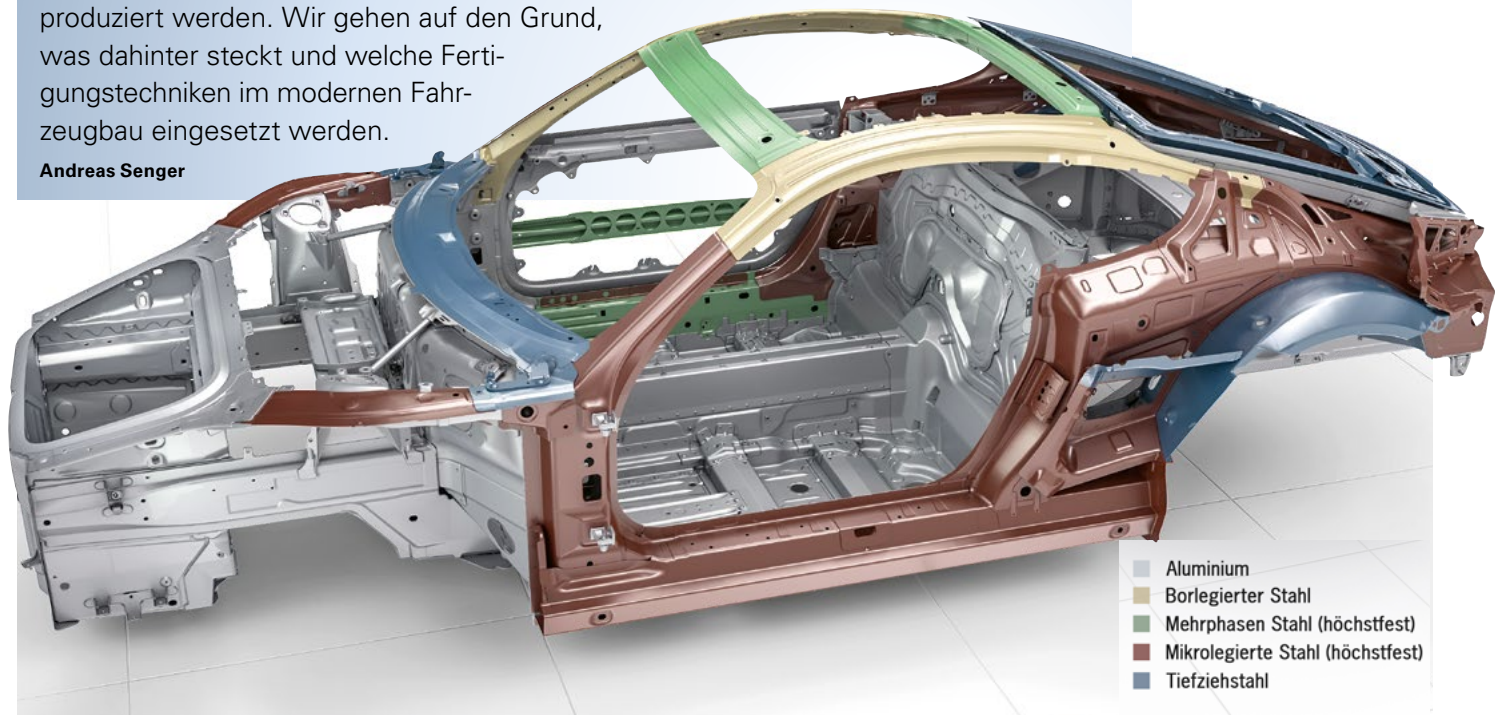


Additive Manufacturing/Fertigungs- und Werkstofftechnik

Innovationsfeld Fertigung

Ersatzteile künftig direkt im 3D-Drucker in der Werkstatt herstellen: Dieses Zukunftsszenario schwirrt in vielen Köpfen herum und würde die Ersatzteillistik revolutionieren. Statt Kunststoff-, Aluminium- oder Stahlteile vom Lieferanten zum Garagisten transportieren, könnten die Teile in entsprechenden Maschinen direkt in der Garage mit CAD- und Fertigungsdaten der Automobilhersteller produziert werden. Wir gehen auf den Grund, was dahinter steckt und welche Fertigungstechniken im modernen Fahrzeugbau eingesetzt werden.

Andreas Senger



Der Materialmix sowie die verschiedenen Fertigungstechniken sorgen im modernen Rohkarosseriebau für hohe aktive wie passive Sicherheit. Foto: Porsche

Die Fahrzeugkarosserie ist bei modernen Fahrzeugen für eine noch nie vorher dagewesene aktive wie passive Sicherheit verantwortlich. Durch eine hohe Torsionssteifigkeit und damit wenig Verwindung werden die Radführung und Lenkung präziser. Die Steifigkeit der Karosserie sorgt für ein sicheres und präzises Fahr- wie Lenkverhalten. Sollte es zu einem Unfall kommen, sind Lastpfade an der Front, am Heck und seitlich in Form einer Knautschzone verantwortlich, dass die kinetische Energie in Wärmeenergie durch Verformung umgewandelt wird. Die Insassen bleiben dank Sicherheitsfahrergastzelle bis zu Aufprallgeschwindigkeiten von knapp 60 km/h in der Regel unverletzt, da die passiven Sicherheitssysteme im Verbund mit der hochfesten Passagierzelle schützen. Dass dies möglich ist, wird bei modernen Fahrzeugen ein vielfältiger Materialmix eingesetzt (Siehe Bild oben), der für unterschiedliche Festigkeiten und Energieaufnahmemöglichkeiten sorgt. Zudem wurde in den vergangenen Jahren die Verbindungstechnologie mit Kleben, Schweißen und auch Nieten vielfältiger. Nebst verschiedenen Stählen kommen immer mehr Aluminiumteile dazu, um das Fahrzeuggewicht nicht in adipöse Regionen wachsen zu lassen.

Ein weiterer Trend sind Grossgussteile aus Aluminiumlegierungen. Durch das Einschieszen des flüssigen Leichtmetalls in eine Werkzeugform, können ganze Türkörper, Federdomlager oder auch Grossteile in einem Arbeitsgang gefertigt werden. Dieses Druckgussverfahren wird beispielsweise von Georg Fischer immer weiterentwickelt, und die Firma Bühler baut beispielsweise die entsprechenden Druckgussmaschinen. Diese weisen heute bereits Schliesskräfte von 3400 kN bis 92000 kN an, was umgerechnet in einer Masse knapp 10000 Tonnen entspricht. Tesla wendet diesen Karosserierohbau konsequent an, um in weniger Arbeitsschritten eine komplette Rohkarosserie zu produzieren. Im Reparaturfall sind diese Grossteile allerdings nicht nur von Vorteil. Je mehr Fügstellen vorhanden sind, desto einfacher lassen sich Karosserieteile austauschen.

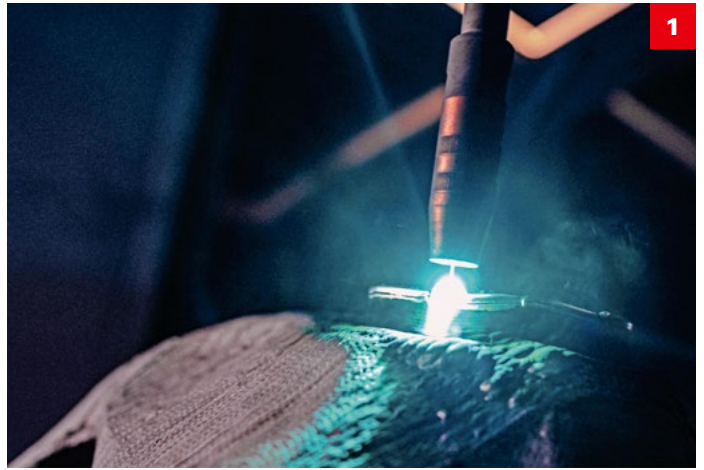
Seit rund 30 Jahren wird das additive Herstellen (additive Manufacturing) eingesetzt, um komplexe Formen Schicht für Schicht zu produzieren. Die Idee dahinter ist nicht neu und wurde vor allem für den Prototypenbau oder für Kleinserien verwendet. Als Werkstoff bieten sich Kunststoffe an. Die Thermoplaste in Form von Fäden werden am Druckkopf erwärmt. Wie in einem Plotter kann nun zweidimensional in der Fläche mit dem Aufbau einer Komponente gestartet werden

und durch Hochfahren des Druckkopfes dreidimensionale Formen entstehen. Die Herausforderung besteht darin, die CAD-Daten des Werkstückes in eine Produktionsroutine umzumünzen, damit das Bauteil Schicht für Schicht gedruckt werden kann. Dass diese Art der Produktion mehr Zeit in Anspruch nimmt als eine Kunststoffspritzgussmaschine benötigt, liegt auf der Hand. Allerdings können auch andere Formen, welche in den konventionellen Verfahren nicht umsetzbar sind, produziert werden.

Wenn Metalle im 3D-Druckverfahren eingesetzt werden sollen, sind grundsätzlich zwei Fertigungsarten möglich: das Metall wird pulverförmig Schicht für Schicht gestreut und danach mittels regelbarem Laser oder Elektronenstrahlschmelzen als Form verschweisst oder es wird wie beim Kunststoffdruck aufgeschweisst. Die erstere Methode erlaubt beim Herausnehmen des Rohlings ein Abklopfen des nicht verfestigten Metallpulvers. Das entstandene Werkstück weist eine hohe Festigkeit auf, kann in der Regel aber nicht für Hochbeanspruchungen eingesetzt werden. Das Aufschweißverfahren von Metall in Form von hoher Temperatur und dem Verschmelzen mit dem bereits in der unteren Schicht vorhandenen Metall bringt höhere Festigkeiten und kann, wie BMW dies am Beispiel eines Federdomes gezeigt hat, dank modernster Robotertechnik und Programmierung umgesetzt werden.

Das «Wire Arc Additive Manufacturing» (WAAM) ermöglicht, metallische Bauteile mit optimalem Verhältnis zwischen Steifigkeit und Gewicht zu produzieren. Ein Draht (wire) aus einer Aluminiumlegierung wird durch einen Lichtbogen (arc) zum Schmelzen gebracht. Ein Roboter führt die Schweißpistole Schicht für Schicht über das Werkstück und kann unterschiedliche Materialdicken und Wege fahren, um ein Bauteil im additiven Verfahren zu erzeugen. Durch dieses Verfahren sind nicht nur Hohlformen mit hoher Steifigkeit bei gleichzeitig geringem Gewicht möglich, sondern ist auch keine Nachbearbeitung mehr nötig. Die durch das Schweißen sichtbaren Nähte können bei unsichtbaren Bauteilen belassen werden.

Fortsetzung Seite 24



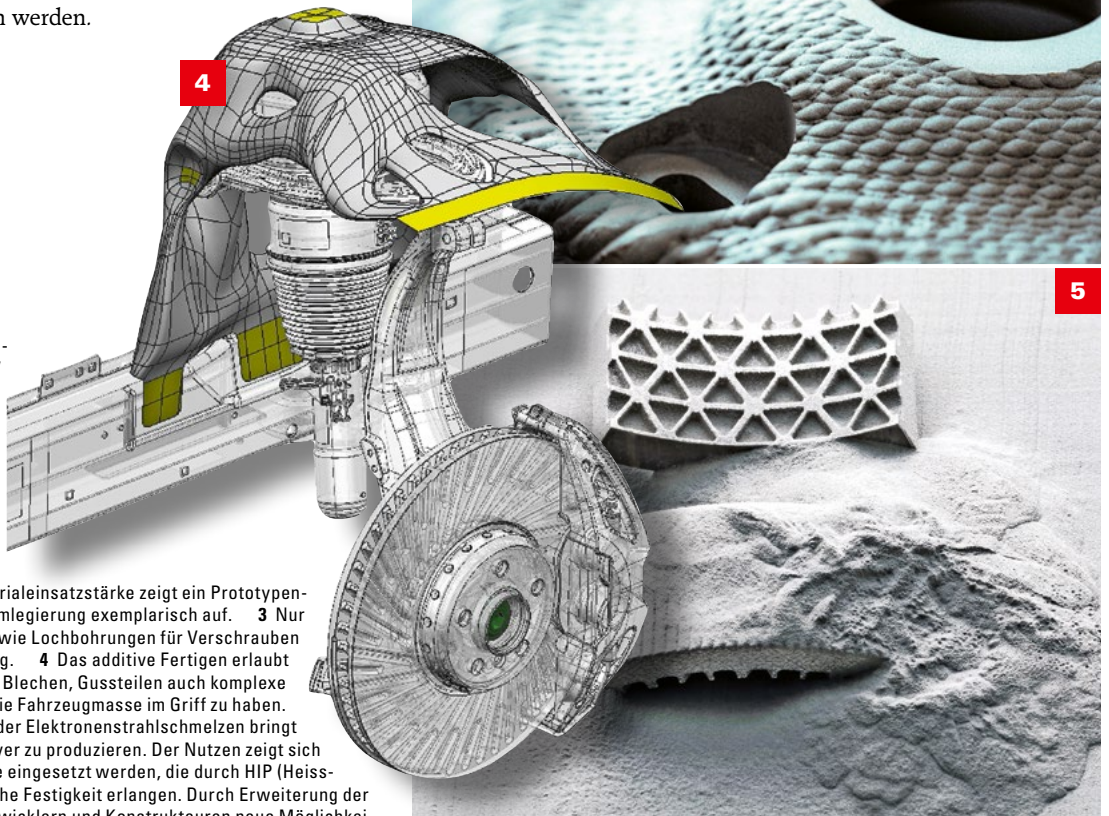
1



2



3



4

5

1 Das «Wire Arc Additive Manufacturing» wird unter anderem von BMW erforscht, um Bauteile nicht nur schichtweise zu produzieren, sondern auch komplexe Strukturen im dreidimensionalen Raum herstellen zu können. Durch das Aufschweißen von Metall können bionische Strukturen erzeugt werden, welche punkto Festigkeit und Masse grosse Vorteile bieten.

2 Die an die Natur angelehnte Materialeinsatzstärke zeigt ein Prototypen-Federbeindom aus einer Aluminiumlegierung exemplarisch auf. 3 Nur wenige Nachbearbeitungsschritte wie Lochbohrungen für Verschrauben (Federdomlageraufnahme) sind nötig. 4 Das additive Fertigen erlaubt es, künftig nebst Strangpressprofilen, Blechen, Gussteilen auch komplexe Bauteile zu kombinieren, um die Fahrzeugmasse im Griff zu haben.

5 Auch das schichtweise Lasern oder Elektronenstrahlschmelzen bringt die Möglichkeit, Teile aus Metallpulver zu produzieren. Der Nutzen zeigt sich hier vor allem, wenn Materialmixe eingesetzt werden, die durch HIP (Heiss-Isostatisches-Pressen) auch eine hohe Festigkeit erlangen. Durch Erweiterung der Produktionsmethoden stehen den Entwicklern und Konstrukteuren neue Möglichkeiten offen. Fotos: BMW (4), Porsche.

Das WAAM-Verfahren ist gegenüber dem Druckgussverfahren bei sehr grossen Komponenten im Vorteil, die komplexe Formen aufweisen sollen. Wie im Technikkasten Bild 4 demonstriert, ist die Federdomaufnahme punkto Materialaufwand derart optimiert, dass bereits von einer bionischen Bauweise gesprochen werden kann. Damit sind Formen gemeint, die der Natur abgeschaut werden. Es wird nur so viel Material eingesetzt, um die Festigkeit und damit die Lastpfade abzudecken. Zudem fährt der Schweissroboter nicht mehr primär Schicht für Schicht in der Fläche, sondern kann die Schweissnaht auch im dreidimensionalen Raum ausführen.

Weniger Gewicht, höhere Festigkeit und Kostenreduktion?

«Es ist beeindruckend zu sehen, wie sich die WAAM-Technologie aus der Forschung heraus zu einem flexiblen Werkzeug nicht nur für Versuchs-, sondern auch für Serienbauteile entwickelt hat. Der Einsatz von Generative Design Methoden ermöglicht uns, die Gestaltungsfreiheit und damit auch das Potenzial der Technologie vollständig zu nutzen. Das war vor wenigen Jahren noch undenkbar», so Karol Virsik, Leiter BMW Group Forschung Fahrzeug. Die Kombination von verschiedenen Fertigungsmöglichkeiten wie Tiefziehbleche, Strangpressprofile, Gussteile und neu additiv gefertigte Bauteile könnte im Karosserierohbau eine weitere Senkung des Gewichts, eine höhere Festigkeit und Kostenreduktion erwirken.

Die Idee liegt nun nahe, dass diese Fertigung dank additiver Herstellung auch für Ersatzteile umgesetzt werden könnte. In der Werkstatt steht eine Produktionsmaschine für Kunststoffteile und eine für Metall (Stahl und Aluminium). Wenn ein Ersatzteil benötigt wird, kann der Werkstattprofi den entsprechenden Produktionsbauplan vom Zulieferer oder Automobilhersteller herunterladen und das Teil aufgrund der zeitintensiven Fertigung beispielsweise über Nacht produzieren lassen. Der CO₂-Fussabdruck punkto Lagerlogistik und Vertrieb könnte massiv reduziert, die Lagerhaltung minimiert und die Verfügbarkeit von Ersatzteilen erhöht werden.

Die Euphorie erhält rasch einen Dämpfer: Die Anzahl der additiv sinnvoll produzierten Teile schwindet rasch, wenn die Vielzahl der Produktionsmethoden und der ökonomische Ansatz angeschaut werden. Eine Bremsscheibe, ein Auspufftopf oder Schwingungsdämpfer lassen sich nicht mit additiver Fertigung herstellen. Die Hersteller müssten zudem bereits in der Konstruktion vehement den Einsatz der Produktionsmethode einbeziehen, um bisher konventionell hergestellte Teile neu mit additive Manufacturing zu ersetzen. Die Kosten für diese Umstellung und der Preisvorteil gegenüber der konventionellen Produktion rechtfertigen einen Übergang aktuell nicht. Allerdings sind viele Forschungsstätten daran, die Produktionsmethode zu optimieren und auch für den Hausbau einzusetzen. Das schichtweise Produzieren von Betonwänden und vorgelagert die durch Roboter gefertigten Armierungseisen befinden sich wie der 3D-Fertigungs-



Karosserierohbau anno dazumal: Die Karosseriebleche eines Porsche 911 werden durch Punktschweissen zusammengefügt. Viel Handarbeit sorgt für entsprechend hohe Kosten in der Fertigung. Foto: Porsche



Karosseriebleche, Strangpressprofile und gegossene Teile können künftig mit additiv produzierten Karosserieteilen kombiniert und damit das Optimum punkto Festigkeit und Masse herausgeholt werden. Foto: Porsche

prozess in der Automobilbranche noch am Anfang der Entwicklung. Das Kosten-/Nutzenverhältnis steht aktuell in keinem Verhältnis zu konventionellen Herstellungsprozessen. Und dank dem Automatisierungsgrad in der Fahrzeugfertigung stellt sich die Frage des Grosseinsatzes nicht. Dass künftig Automobilhersteller für 3D-Produktionsprozesse funktionsintegrierte Teile direkt am Produktionsband herstellen und direkt verbauen, scheint aber durchaus realistisch zu sein. ●

	<p>061 312 40 40 Rheinfelderstrass 6, 4127 Birsfelden</p>
<p>Der umfassendste Auto-Steuergeräte-Reparatur- Service von Cortellini & Marchand AG.</p>	<p>Sie suchen, wir finden – Ihr Suchservice für Auto-Occasionsteile</p>
<p>www.auto-steuergeraete.ch</p>	<p>www.gebrauchte-fahrzeugteile.ch</p>

<p>Neu: FGS, der Anhänger mit Liftachse und 100%-Achsausgleich</p> <p>Nutzlast bis 2,9 t</p>	<p>Autotransport-Anhänger und Aufbauten Besuchen Sie unsere Ausstellung oder verlangen Sie eine Vorführung. Auch in Kommunalausführung lieferbar.</p> <p>T&W Technik</p> <p>Dammstrasse 16, 8112 Otelfingen Tel. 044 844 29 62 www.fgs-fahrzeuge.ch</p>
--	--