

die schnelle Verfestigung sein Potential entfalten. "Heraeus konzentriert sich bei der Vermarktung des Pulvers vor allem auf die Luft- und Raumfahrt und die Medizintechnik und deckt zudem den Bereich ab, den wir 'industrielle Anwendungen' nennen. Ich bin davon überzeugt, dass der 3D-Druck in Zukunft für viele Bereiche die Technologie der Wahl sein wird. Gründe dafür sind wie im Aerospace- oder Automobilbereich z.B. Umweltauflagen. Der 3D-Druck bietet Möglichkeiten zur Gewichtseinsparung, die über eine klassische Gussform nicht mehr erreichbar sind", sagte Tobias Caspari, Leiter Additive Manufacturing bei Heraeus. Aus vielen Teilen mach eins Im nächsten Schritt des Projektes mussten die einzelnen Bauteile gefügt werden. Das Unternehmen Gerg, das auch Erfahrungen aus dem Light Rider Projekt mitbrachte, sorgte für die Konstruktion und Fertigung der Schweißvorrichtung, den Fügeprozess an sich und die mechanische Endbearbeitung.

Die 3D-gedruckten Komponenten aus dem EOS System sind etwa schuhschachtelgroß. Die 31 Einzelteile für den Vorderwagen wurden wie ein 3D-Puzzle zusammengesteckt und im WIG- Schweißverfahren gefügt. Bereits während der Design-Phase, wurden die Anforderungen für den komplexen Fügeprozess beachtet. Hierfür

haben APWORKS, csi und Gerg eng zusammengearbeitet, und die gewonnenen Erfahrungen aus dem "Light Rider Projekt" mit einfließen lassen.

Im Designprozess wurden die Zugänglichkeit und die Verformungen aufgrund des Wärmeeintrags berücksichtigt. Des Weiteren wurden die Fügestellen bereits mit der entsprechenden Schweißnahtvorbereitung auskonstruiert, so dass die manuellen Schritte auf ein Minimum reduziert werden konnten. Um prozesssichere Verbindungen zwischen den gedruckten Einzelteilen gewährleisten zu können, führten die Ingenieure der Gerg Group im Vorfeld Schweißparameterversuche für Scalmalloy® durch. Auf die Frage, was zeichne die Firma Gerg aus, antwortete Benjamin Scheffler, Leiter Fertigungsengineering bei Gerg: „Beim Projekt 3i-PRINT konnten wir prozessübergreifend von der Entwicklung bis zur Fertigung unser Know-how beisteuern und einen substantiellen Anteil zu dessen "Materialisierung" leisten. Die erstaunliche Vielzahl an Fertigungsmöglichkeiten unter einem Dach befähigt uns, komplexe und innovative Gesamtprojekte in kurzer Zeit umsetzen zu können. Als Fertiger für Prototypen und Kleinserien in den Bereichen Automotive, Luft- und Raumfahrt, sowie Medizintechnik sind wir stets mit neuen Herausforderungen konfrontiert. Dabei

können wir auf erfahrene und kreative Fachkräfte zählen. Frei nach unserem Slogan: 'Wir materialisieren Gedanken'."

### Projekt 3i-PRINT – ein Forum für innovative Prototypenkonzepte

Initiiert von csi entwicklungstechnik fungiert das 3i-PRINT Projekt als agile Engineering-Plattform für Forschung und Entwicklung, auf der innovative Prototypenkonzepte präsentiert werden. Das Konzept baut auf dem Einsatz neuer Entwicklungswerkzeuge und -methoden auf. Dabei war es das vorrangige Ziel, das Potenzial moderner Fertigungsverfahren aufzuzeigen und komplett auszuschöpfen. Das 3i-PRINT Projekt ist eine offene Plattform für Zusammenarbeit, mit der neue Ideen schnell umgesetzt werden können.

„Wir sind stolz darauf, den klassischen Caddy beispielhaft mit innovativer Vorderwagenstruktur präsentieren zu können. Diese zeigt eindrucksvoll, welches Potenzial der industrielle 3D-Druck mit seinen enormen Möglichkeiten zur Funktionsintegration gerade auch für die Automobilindustrie bietet", fasst Stefan Herrmann das Projekt zusammen.

## Über Altair

Altair entwickelt und unterstützt die breite Anwendung von Simulationstechnologie, mit der Designs, Prozesse und Entscheidungen optimiert werden können. Altair ist ein privat geführtes Unternehmen mit über 2600 Mitarbeitern. Der Hauptsitz des Unternehmens ist in Troy, Michigan, außerdem ist Altair mit über 50 Niederlassungen in 22 Ländern vertreten. Heute unterstützt das Unternehmen mit seinen Lösungen über 5000 Kunden aus den unterschiedlichsten Industrien.

Weitere Informationen finden Sie unter: [www.altair.de](http://www.altair.de)

Visit the HyperWorks library of **Success Stories** at [www.altairhyperworks.com](http://www.altairhyperworks.com)



**Altair Engineering, Inc., World Headquarters:** 1820 E. Big Beaver Rd., Troy, MI 48083-2031 USA  
Phone: +1.248.614.2400 • Fax: +1.248.614.2411 • [www.altair.com](http://www.altair.com) • [info@altair.com](mailto:info@altair.com)

Altair®, HyperWorks®, RADIOSS®, HyperMesh®, BatchMesher™, HyperView®, HyperCrash®, HyperGraph®, HyperGraph®3D, HyperView Player®, OptiStruct®, HyperStudy®, HyperStudy®DSS, MotionView®, MotionSolve®, Altair Data Manager™, HyperWorks Process Manager™, HyperForm®, HyperXtrude®, GridWorks™, PBS Professional®, and e-Compute™ are trademarks of Altair Engineering, Inc. All other trademarks or servicemarks are the property of their respective owners.

## Success Story



### 3i-PRINT - Individualisieren, integrieren, Innovationen vorantreiben



#### VW Caddy Youngtimer mit neuer funktionsintegrierter 3D-gedruckter Vorderwagenstruktur

Als relativ junge Fertigungsmethode mit großem Potenzial gewinnt der 3D-Druck stetig an Popularität in immer mehr Unternehmen aus den unterschiedlichsten Industrien. Erneut ist die Luft- und Raumfahrt Vorreiter, aber auch der Medizinbereich, die Automobilindustrie und der allgemeine Maschinenbau identifizieren immer neue Möglichkeiten, das Verfahren effektiv einzusetzen: Ziel ist es, Bauteile besser, leichter und kosteneffizienter zu fertigen. Die Technologie zeigt dort ihre Stärken, wo die konventionelle Fertigung an Grenzen stößt: Wenn ein Bauteil eine sehr komplexe Geometrie hat beziehungsweise mit herkömmlichen Verfahren gar nicht umgesetzt werden kann, wenn sich durch den 3D-Druck eine deutliche

Gewichtersparnis ergibt oder wenn es um die Integration von weiteren Funktionen in ein Bauteil geht, die mit anderen Fertigungsmethoden nicht abgebildet werden können. Außerdem ermöglicht der industrielle 3D-Druck das Herstellen kleiner Losgrößen zu angemessenen Stückkosten und eine starke Individualisierung von Produkten sogar in der Serienfertigung.

In der Luft- und Raumfahrt kommen mindestens zwei der oben genannten Gründe zusammen. Zum einen werden dort nicht so große Stückzahlen benötigt wie beispielsweise in der Automobilindustrie, zum anderen ist der Bedarf an treibstoffeffizienteren und damit zwingend leichteren Flugzeugen und Komponenten in der Luft- und Raumfahrt genauso hoch wie in der Automobilindustrie. Gerade der Bedarf an leichteren Komponenten in Verbindung mit einem hohen Maß an



#### Key Highlights

**Industrie**  
Automobil

**Herausforderung**  
Hoher Bedarf an leichten Komponenten mit zunehmender Funktionsintegration

**Altair Lösung**  
Simulationsgetriebener Entwicklungsprozess mit Struktur- und Multidomain-Optimierung in Verbindung mit der Designfreiheit des 3D-Druckes

#### Vorteile

- Gewichtseinsparung durch lastgerechtes Design
- weniger Bauteile dank Funktionsintegration
- neue Entwicklungs- und Fertigungsmethode in allen Industrien anwendbar

HyperWorks is a division of Altair

Keywords: Additive Fertigung, Optimierung, Funktionsintegration, Leichtbau, Multi-Domain-Optimierung

# 3i-PRINT Success Story

„Wir sind stolz darauf, den klassischen Caddy beispielhaft mit innovativer Vorderwagenstruktur präsentieren zu können. Diese zeigt eindrucksvoll, welches Potenzial der industrielle 3D-Druck mit seinen enormen Möglichkeiten zur Funktionsintegration gerade auch für die Automobilindustrie bietet“,

**Stefan Herrmann**  
csi entwicklungstechnik

Funktionsintegration macht den 3D-Druck auch für den Automobilbau interessant. Die weiteren Vorteile des 3D-Druckes sind im Vergleich mit herkömmlichen Methoden die Werkzeuglosigkeit des Verfahrens, die hohe Flexibilität in der Fertigung, neue, ästhetische Gestaltungsfreiheiten im Design sowie die Möglichkeit, mehrere Funktionen in ein Bauteil zu integrieren. Zudem kann das Bauteil entsprechend der lastpfad- und crashgerechten Topologie additiv gefertigt werden.

## 3i-PRINT – von der Idee zum Prototypen

Gemeinschaftlich haben die Unternehmen Altair, APWORKS, csi entwicklungstechnik, EOS, GERG und Heraeus ein von csi entwicklungstechnik initiiertes Projekt zum Thema 3D-Druck in der Automobilindustrie umgesetzt. Mit einer neu ausgelegten, additiv gefertigten Vorderwagenstruktur eines VW Caddy Youngtimers wird das Potenzial des industriellen 3D-Drucks für die Automobilindustrie demonstriert. Die 3D-gedruckte Vorderwagenstruktur ist besonders leicht, gleichzeitig sehr stabil und verfügt über ein hohes Maß an Funktionsintegration.

Die zunehmende Elektrifizierung von Antrieb und Aktuatoren zusammen mit dem wachsenden Energiespeicherbedarf stellt neue Anforderungen ans Thermomanagement, an die Bauraumoptimierung und die Gewichtsreduzierung. Gleichzeitig gilt es, die steigenden strukturellen Anforderungen bezüglich Sicherheit, Leistung und Komfort zu erfüllen. Das Projektziel besteht darin, Lösungen für diese aktuellen Anforderungen aufzuzeigen. Die Umsetzung von der Idee bis zum fertig umgebauten Fahrzeug erfolgte innerhalb von nur neun Monaten.

Als Initiator des Projektes wandte

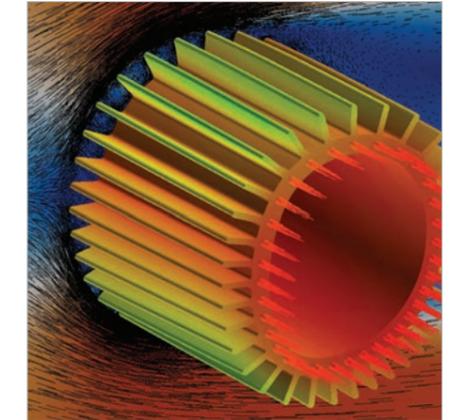
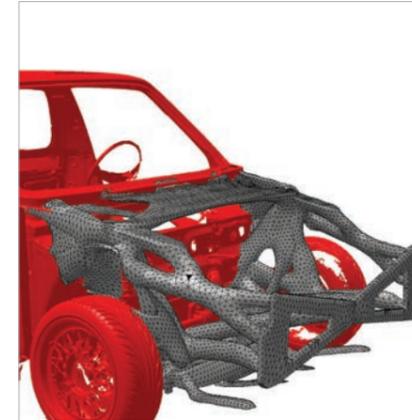
sich csi entwicklungstechnik, ein Engineeringdienstleister mit Schwerpunkt in der Automobilindustrie, mit seiner Idee an Unternehmen, die mit ihrer Erfahrung im 3D-Druck dieses Projekt vorantreiben konnten. Die beteiligten Unternehmen decken gemeinsam alle Schritte der Prozesskette ab – vom Design, über die Auslegung, Berechnung und Konstruktion bis hin zum Druck, Bau und der Nachbearbeitung der 3D-gedruckten Baugruppe. Dabei hat csi entwicklungstechnik das Design, die Berechnung und die Konstruktion der Vorderwagenstruktur übernommen – mit Unterstützung von APWORKS, eine Tochterfirma von Airbus, die sich auf Dienstleistungen rund um den 3D Druck spezialisiert hat. Für die Auslegung, Optimierung und Berechnung des Bauteils wurde Altairs HyperWorks Suite verwendet. Mit Softwarewerkzeugen wie RADIOSS für Crash-Analysen und OptiStruct sowie solidThinking Inspire für die Optimierung, konnte das organisch anmutende Design der Vorderwagenstruktur erstellt und lastgerecht ausgelegt werden. Außerdem kamen CFD Analysen zum Einsatz, um die für die Funktionsintegration nötigen Simulationen durchzuführen. Gedruckt wurden alle Bauteile auf dem System EOS M 400. Für den Druck wurde die von Airbus und APWORKS entwickelte hochfeste Aluminiumlegierung Scalmalloy® verwendet, die von Heraeus für den 3D-Druck qualifiziert und vertrieben wird. Gerg war für das Fügen und die mechanische Endbearbeitung der additiv gefertigten Einzelbauteile verantwortlich.

## Auslegung und Optimierung

Der 3D-gedruckte Vorderrahmen basiert auf den Ergebnissen der Topologieoptimierungen, in die neben den statischen Anforderungen

auch Crashlastfälle eingeflossen sind. Der simulationsgetriebene Auslegungsprozess wurde von csi mit den Altair Tools durchgeführt. Diese sind bei csi Standard für die methodische Auslegung und Optimierung von Leichtbaustrukturen auf verschiedenste Parameter. Altair hat darüber hinaus als CAE Softwareunternehmen und Engineeringdienstleister umfangreiche Erfahrung mit der lastgerechten und materialeffizienten Auslegung von Bauteilen.

Start des Projektes war im Oktober 2016. „Unsere Idee war es, die additiven Fertigungsverfahren mit unserer Karosserie-Kompetenz zu verbinden. Wir wollten aber nicht – wie sonst üblich – Gussknoten durch 3D-gedruckte Knoten ersetzen, denn dies ist heute bereits Stand der Technik. Das Ziel war es vielmehr zu zeigen, wie wir einen kompletten Vorderwagenrahmen konstruieren und berechnen müssen, um viele der Vorteile der additiven Fertigung zu nutzen“, erklärt Stefan Herrmann, Leichtbauingenieur im Team Karosserie bei csi entwicklungstechnik. Um das Design bionisch zu inspirieren und sowohl alle Lasten und die Bedingungen an Steifigkeit und Crashsicherheit zu erfüllen als auch das ganze Potenzial des 3D-Druckes hinsichtlich Gewichtsminimierung auszuschöpfen, wurde eine Topologieoptimierung in OptiStruct durchgeführt, der daraus ermittelte Designvorschlag wurde mittels FE-Analyse geprüft. Zudem wurden mit Altairs CFD Analysewerkzeug AcuSolve weitergehende Berechnungen für eine größtmögliche Funktionsintegration in die Struktur durchgeführt. So wurde die Berücksichtigung des Wärmemanagements durch lasttragende Strukturen mit Details zur aktiven und passiven Kühlung erreicht



Eine Topologieoptimierung mit OptiStruct bildet die Grundlage des bionisch optimierten Designs. Die finale Geometrie wird anschließend in einer FE-Analyse geprüft. Dank AcuSolve konnte darüber hinaus eine aktive und passive Kühlung integriert werden.

(z.B. in Form eines geleiteten Luftstroms für die Kühlung von Batterien und Bremsen).

## Umsetzung für den 3D Druck

Nach erfolgreicher Simulation und Optimierung der Rahmengengeometrie übernahm APWORKS die finale Auslegung der Bauteile für den 3D-Druck. Als hundertprozentige Tochter von Airbus und Experte für das Design, die additive Fertigung von Strukturelementen und die Druckvorbereitung für moderne Fertigungsverfahren macht das Unternehmen aus der Luftfahrt bewährte Konzepte für verschiedenste Industrien nutzbar.

„csi entwicklungstechnik kannte unser Light Rider Projekt, in dem wir den ersten 3D-gedruckten Motorrad Prototypen designt und produziert haben und interessierte sich besonders für die Erfahrungen, die wir hinsichtlich Material, Design und Druck gemacht haben. Im Vordergrund stand das bionisch inspirierte Design und die Erfahrungen beim Druck eines Bauteils, bei dem die Dimensionen weit über die heute möglichen Bauräume der Maschinen hinaus gehen“, erklärt Sven Lauxmann, Leiter Marketing und Vertrieb bei APWORKS.

APWORKS stellte dem Projekt einen Projekttechniker zur Verfügung, der zudem als zentraler Ansprechpartner für die Mitarbeiter von csi entwicklungstechnik fungierte. Hierbei profitierte das Projekt vom Know-how beider Unternehmen: Die Ingenieure von csi haben viel Erfahrung im Bereich Optimierung, und der APWORKS

Ingenieur konnte wichtige Fragen für die Auslegung speziell für den 3D-Druck beantworten. Denn trotz großer Freiheiten in der additiven Fertigung müssen auch für den 3D-Druck Designrandbedingungen berücksichtigt werden, da sie Einfluss auf das initial definierte Design haben. Darunter sind Details wie z.B. die Abbildbarkeit von kleinen Features eines Bauteils, Wandstärken, die Bauteil-Orientierung im Druck für eine optimale Ausnutzung des Druckerbaurums oder auch die Frage, wie für den Druck nötige Supportstrukturen reduziert oder später im Bauteil für andere Funktionen genutzt werden können. Durch die enge Zusammenarbeit und den kontinuierlichen, iterativen Austausch zwischen den Ingenieuren von csi und APWORKS entstand so das finale technisch und wirtschaftlich effiziente Design, das letztlich gedruckt werden konnte. Vom Design zum gedruckten Vorderwagen Für den tatsächlichen Bau des Vorderwagens setzte APWORKS auf das System EOS M 400 von EOS, dem führenden Technologieanbieter für den industriellen 3D-Druck von Metallen und Kunststoffen. Nikolai Zaepernick, Senior Vice President Central Europe bei EOS zur Projektbeteiligung: "Das Projekt 3i-PRINT verdeutlicht eindrucksvoll, was mit der Fertigungstechnologie 3D-Druck möglich ist. Mit einem großen Bauvolumen und einer 1.000 Watt Laserleistung hat das eingesetzte System EOS M 400 die Projektanforderungen zuverlässig erfüllt: in kurzer Zeit sehr komplexe Metallbauteile in einer kleinen Losgröße in hoher Qualität zu fertigen."

Bei der Auswahl des Materials arbeitet APWORKS mit dem Metallpulverspezialisten Heraeus zusammen, der die von Airbus entwickelte technisch hochfeste Aluminium-Legierung Scalmalloy® liefert. Als Vermarkter von Scalmalloy® verfolgt Heraeus im 3i-PRINT Projekt gleich mehrere Ziele. Gemeinsam mit APWORKS hat der Technologiekonzern das Ziel, Scalmalloy® zu kommerzialisieren, neue Einsatzmöglichkeiten zu finden und unterschiedlichste Industrien dafür zu begeistern. Dieses Projekt bot eine hervorragende Möglichkeit, das Material in der Automobilindustrie zu platzieren und zu zeigen, was mit einem Werkstoff wie Scalmalloy® und insgesamt mit dem 3D-Druck möglich ist. Da Scalmalloy® seltene Erden enthält, arbeitet Heraeus darüber hinaus an einem Recyclingprozess für dieses wertvolle Material.

In der additiven Fertigung kommen heute üblicherweise existierende Materialien zum Einsatz – wie zum Beispiel Edelstahl, das über Jahrzehnte für konventionelle Verarbeitungsmethoden wie Gießen und Umformen optimiert wurde. Auch wenn dies gut funktioniert, stellt sich die Frage, ob die Verarbeitung eines bestehenden Werkstoffes in einer neuen Produktionstechnologie wie dem 3D-Druck sinnvoll ist oder ob auch hier optimiert werden kann. In diesem Projekt lautet die Antwort darauf Scalmalloy® – das erste Material, das als Legierungssystem speziell für die additive Fertigung entwickelt wurde. Dort kann der Werkstoff unter anderem durch seine hohe Abkühlrate und