

Fon Mag

AM LESEN | Anwenderstorys, Interviews, News
und Hintergründe rund um die Additive Fertigung

AUTOMOTIVE

Mit Sondermaschinen und eigener
Technologie dem Trend trotzen

Seite 11

SECURITY & DEFENSE

Eine spezielle Branche mit
großem Potenzial

Seite 16

PARTNERLAND UK SPECIAL

Starke Forschungskompetenz, die für
industrielles Wachstum sorgen kann

Seite 23

mesago

formnext

Wir stehen am Fuße der Singularität.

Demis Hassabis ist ein britischer Informatiker, Neurowissenschaftler, KI-Forscher und Mitbegründer und CEO von Google DeepMind.

Die Aussage bezieht sich auf die Entwicklung von »Artificial General Intelligence« und ob diese kognitive Aufgaben auf oder über menschlichem Niveau ausführen kann.

Höchste Anforderungen für die Sicherheit

Ob **Additive Fertigung, Robotik, Zerspanung, Formenbau & Spritzguss** oder **Qualitätssicherung** – mit uns als Partner setzen Sie neue Maßstäbe. Hochkomplexe Bauteile für sicherheitskritische Anwendungen – gefertigt mit zukunftsweisenden Technologien und automatisierten Prozessen.



CASE STUDY: Additiv gefertigte Bauteile für die Bundeswehr

toolcraft

Besuchen Sie uns auf der
formnext
Halle 12.0
Stand C41

Titelbild: BMW Group

Liebe Leserinnen und Leser, wenn ich heute mit Unternehmen aus aller Welt spreche, begegnet mir immer wieder dieselbe Frage: Wie können wir unsere Produktion zukunftssicher machen? Die Antwort darauf ist komplex – aber eines ist klar: Die Anforderungen an unsere Industrie haben sich grundlegend verändert.

Resiliente Lieferketten, technologische Souveränität, nachhaltige Produktion und der intelligente Einsatz neuer Technologien sind längst keine Zukunftsthemen mehr. Sie bestimmen unser Handeln – heute.

Genau deshalb ist die Additive Fertigung in den vergangenen Jahren zu einer Schlüsseltechnologie geworden. Sie ermöglicht es, Produkte schneller zu entwickeln, Komponenten dort herzustellen, wo sie gebraucht werden, und Produktionsprozesse deutlich flexibler zu gestalten.

Diese Entwicklung erleben wir jedes Jahr auf der Formnext. Unsere Messe ist weit mehr als eine Plattform für neue Maschinen oder Materialien. Sie ist ein Ort, an dem Ideen entstehen, Partnerschaften wachsen und Innovationen ihren Weg in die industrielle Praxis finden. Genau dieser Austausch macht die Formnext so besonders.

Mit dem Formnext Defence Summit setzen wir in diesem Jahr bewusst einen neuen Schwerpunkt. Die sicherheitspolitischen Veränderungen der vergangenen Jahre haben gezeigt, dass Resilienz heute auch eine Frage technologischer Leistungsfähigkeit ist. AM kann dabei einen wichtigen Beitrag leisten – etwa durch dezentrale Produktion, digitale Ersatzteillager oder die schnelle Fertigung komplexer Bauteile direkt am Einsatzort (siehe unser Defence-Special ab Seite 16).

Die gleichen Technologien stärken ebenso die Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen in der Luft- und Raumfahrt, im Maschinenbau, der Medizintechnik, der Energiebranche oder der Automobilindustrie.

Die Formnext war schon immer ein Spiegel der Entwicklungen unserer Industrie. Sie bringt Menschen zusammen, die nicht nur über die Zukunft sprechen, sondern sie aktiv gestalten. Dieser Anspruch treibt auch uns als Veranstalter an. Wir möchten Orientierung geben, den Dialog fördern und Themen aufgreifen, die unsere Branche nachhaltig bewegen.

Ich wünsche Ihnen eine spannende Lektüre mit vielen neuen Perspektiven und freue mich darauf, Sie auf der Formnext 2026 in Frankfurt persönlich begrüßen zu dürfen.

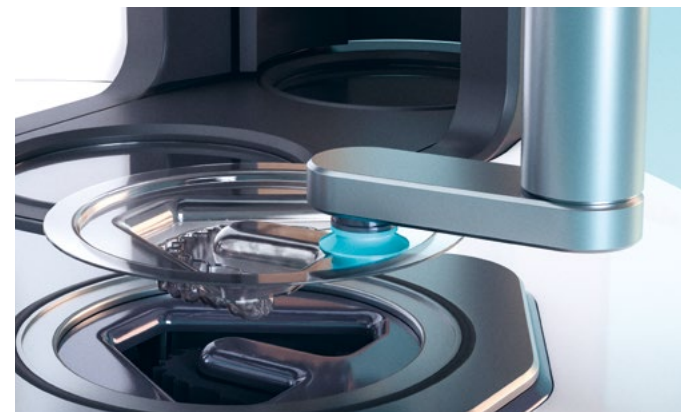
Ihr Sascha F. Wenzler
Vice President Formnext



11

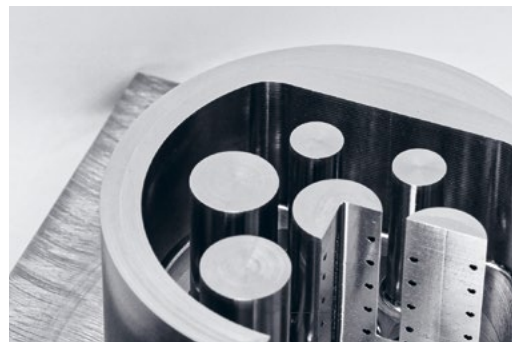


14



26

08



05 FORMNEXT NEWS

Formnext baut Engagement in wichtigen Anwenderindustrien konsequent aus

06 TECHNOLOGIE IM FOKUS | NEWS

University of Utah · EPFL School of Engineering · Hiperbaric · PanOptimization

08 TECHNOLOGIE IM FOKUS I AM-SYSTEME & HYBRIDVERFAHREN

Zwei Prozesse, eine Maschine

11 AM IN DER ANWENDUNG I AUTOMOTIVE, TRANSPORT & MOBILITÄT

Die passende Nische gefunden

14 AM IN DER ANWENDUNG I SCHIENENVERKEHR & LANDWIRTSCHAFT

Zehn Jahre MGA: Vom Netzwerk zur industriellen Anwendung

16 AM IN DER ANWENDUNG | SECURITY & DEFENSE

- » 16 Eine spezielle Branche mit großem Potenzial
- » 19 Novaindef: Bauteilengpässe beseitigen
- » 21 Rheinmetall UK: Enorme Chancen, aber kein Hype

23 SPECIAL | PARTNERLAND GROSSBRITANNIEN

- » 23 AM im Vereinigten Königreich
- » 25 MachineWorks: 30 Jahrzehnte Erfahrung mit »Software-Engines«
- » 26 News: Fyous · Santec · NexusAM
- » 28 DB ESG: Kleine und große Bauteile für Loks, Waggonen und U-Bahnen

30 SCHRÄG GEDACHT

Ein neuer Erfindergeist

FORMNEXT BAUT ENGAGEMENT IN WICHTIGEN ANWENDERINDUSTRIEN KONSEQUENT AUS



Die Additive Fertigung hat sich in zahlreichen Branchen von einer vielversprechenden Technologie zu einem festen Bestandteil industrieller Wertschöpfung entwickelt. Ob in der Medizintechnik, der Luft- und Raumfahrt, der Energieindustrie oder dem Automobilbau: Immer mehr Unternehmen nutzen Additive Manufacturing, um Innovationen schneller umzusetzen, Lieferketten resilienter zu gestalten und neue Geschäftspotenziale zu erschließen. Gleichzeitig entstehen in dynamisch wachsenden Märkten wie dem Defence-Sektor zahlreiche neue Anwendungsfelder, die der Technologie zusätzliche Wachstumsimpulse verleihen.

Vor diesem Hintergrund verstärkt die Formnext 2026 ihren Fokus auf konkreten Anwendungen, erfolgreichen Implementierungen und nachweisbaren Business Cases entlang der gesamten Wertschöpfungskette. Ziel ist es, den Mehrwert der Additiven Fertigung noch greifbarer zu machen und Anwendern praxisnahe Orientierung für eigene Investitions- und Produktionsentscheidungen zu bieten.

Dafür baut die Formnext ihr Engagement für verschiedene Anwenderindustrien konsequent aus. Im Rahmen des ganzjährigen Angebotes und auf der Messe selbst werden reale Anwendungsbeispiele, innovative Geschäftsmodelle und erfolgreiche Industrieprojekte vorgestellt und diskutiert. Besondere Aufmerksamkeit gilt in diesem Jahr den Bereichen Verteidigung, Energie, Öl und Gas, Automobil, Transport und Mobilität sowie Bau und Architektur.

Zu den Angeboten zählen branchenspezifische Technology Talks und Whitepaper, die aktuelle Entwicklungen und Best Practices beleuchten. Auch das Formnext Magazin greift regelmäßig erfolgreiche Anwendungen und die wichtigsten Trends aus den Anwenderindustrien auf. Während der Messe werden auf den Bühnen konkrete Anwendungsbeispiele und ihre wirtschaftlichen Potenziale präsentiert. Ergänzend bieten die etablierten Sonderschauen zu Architektur und Bauwesen sowie Maschinen- und Anlagenbau vertiefende Einblicke in innovative AM-Lösungen aus der Praxis.

Ein besonderer Schwerpunkt liegt 2026 auf dem Thema Defence. Mit einem eigenen Summit widmet sich die Formnext den wachsenden Einsatzmöglichkeiten der Additiven Fertigung im Verteidigungssektor und schafft zur Messe eine Plattform für den Austausch über aktuelle Anwendungen, Anforderungen und Zukunftsperspektiven.

Darüber hinaus rückt die Formnext einen Bereich stärker in den Fokus, der für den industriellen Erfolg additiv gefertigter Bauteile zunehmend entscheidend ist: das Postprocessing. Erstmals wird diesem Thema eine eigene Sonderschau gewidmet. Dort erhalten Besucher umfassende Einblicke in aktuelle Technologien, Prozesse und Lösungen zur Nachbearbeitung additiv gefertigter Bauteile. Ergänzend dazu werden geführte Touren angeboten, die einen kompakten Überblick über die wichtigsten Innovationen und Anbieter vermitteln.

Wer über die neuesten Entwicklungen informiert bleiben möchte, registriert sich am besten für den AM4U-Newsletter der Formnext unter formnext.com/getindustryinsights. Dort erhalten Sie regelmäßig Informationen zum ganzjährigen Programm sowie zu wichtigen Neuigkeiten und Highlights rund um die Formnext 2026.

+ ALLE ANGEBOTE FINDEN SIE AUCH HIER

- » formnext.com/branchenimfokus
- » formnext.com/industryinsights
- » formnext.com/defencesummit



Titelbild
3D-gedruckte Sandkerne in der BMW-Gießerei in Landshut: »Sie sind einteilig und strömungsoptimiert gefertigt und verbessern die Kühlung des Zylinderkopfs – unsere Kunden erleben das durch einen sauberen, leistungsstarken Motor. Mit vielen Hunderttausend Teilen pro Jahr ist das eine Meisterleistung«, sagt Stefanus Bosch, Head of AM Predevelopment bei der BMW Group. BMW setzt AM in drei Bereichen ein: Serienfertigung, Produktionshilfsmittel und Prototypenentwicklung.

Weitere Informationen im kostenlosen Formnext-Whitepaper »3D-Druck für Automotive, Transport und Mobilität«: formnext.com/mobilitaet

HOLOGRAFISCHER 3D-DRUCK IN NUR EINEM BELICHTUNGSSCHRITT

Forscher der University of Utah haben ein neuartiges holografisches Fertigungsverfahren entwickelt, das mikroskopische 3D-Strukturen nicht mehr Schicht für Schicht aufbaut, sondern in einem einzigen Belichtungsschritt erzeugt. Statt eines konventionellen Laser-Scans kommt dabei eine nanostrukturierte Maske zum Einsatz, die das Laserlicht zu einem holografischen Muster formt und das Material gezielt aushärtet. Dadurch lassen sich Bauteile in rund 20 Sekunden herstellen – ein deutlicher Geschwindigkeitsvorteil gegenüber herkömmlichen laserbasierten Verfahren.

Die Forschungsarbeit entstand unter der Leitung von Rajesh Menon, Professor am Department of Electrical & Computer Engineering des Price College of Engineering. Die Wissenschaftler konnten unter anderem röhrenförmige Mikrostrukturen mit Durchmessern von lediglich 6 Mikrometern fertigen. Erste Tests bescheinigen den Strukturen eine hohe mechanische Stabilität sowie die Eignung für den Flüssigkeitstransport durch Kapillarkwirkung.



Mögliche Einsatzfelder sehen die Forscher unter anderem in der Mikrofluidik, der Medizintechnik sowie bei optischen und mikromechanischen Komponenten.

Bislang eignet sich das Verfahren vor allem für mikrostrukturierte Bauteile.

Langfristig wollen die Entwickler die Technologie jedoch auf komplexere dreidimensionale Geometrien übertragen und kontinuierliche Fertigungsprozesse ermöglichen.

BESONDERS ZÄH UND LANGLEBIG

Bereits 2024 stellte das Soft Materials Laboratory (SMaL) der EPFL School of Engineering sogenannte Double Network Granular Elastomers (DNGEs) vor. Diese gummiartigen Werkstoffe bestehen aus mikroskopisch kleinen Elastomer-Partikeln, die durch ein weiches Elastomer-Netzwerk miteinander verbunden sind. Ursprünglich wurden DNGEs als 3D-Druckmaterial entwickelt, um Bauteile mit präzisen mechanischen Eigenschaften herstellen zu können.

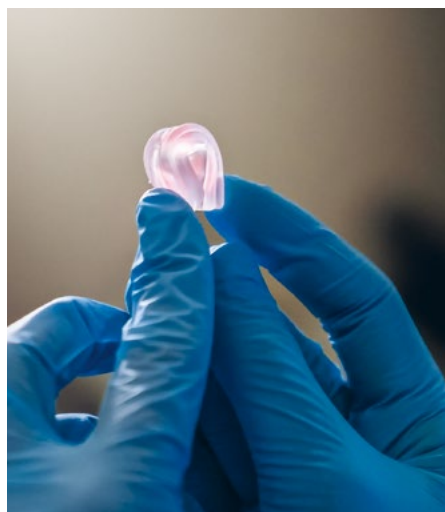
Nun hat das Forschungsteam in einer Folgestudie gezeigt, dass die Materialarchitektur auch einen unerwarteten Vorteil bietet: eine hohe Widerstandsfähigkeit sowohl gegen Bruch als auch gegen Materialermüdung. Während es ursprünglich darum ging, die Verarbeitbarkeit des Materials zu verbessern, stellt sich nun heraus, dass die Materialien gleichzeitig außergewöhnlich zäh sind. Laut Esther Amstad, Leiterin des SMaL, beruht diese

Zähigkeit auf wiederholten Mechanismen der Energie-Dissipation: Auch wenn das Material immer wieder Energie aufnimmt, wird es nicht dauerhaft beschädigt.

Die beiden Netzwerke bestehen aus granularen Elastomer-Partikeln und aus weichem Elastomer und teilen sich laut Amstad die mechanische Belastung. Dadurch wird das Material insgesamt widerstandsfähiger. In Versuchen erreichten optimierte DNGEs eine 15-mal so hohe Bruchzähigkeit und eine bis zu dreimal so hohe Ermüdungsbeständigkeit wie vergleichbare Elastomere.

Als mögliche Anwendungen nennt das Forschungsteam zum Beispiel Soft-Robotik-Systeme, flexible Elektronik und biomedizinische Geräte, deren Komponenten über lange Zeiträume wiederholten Belastungen ausgesetzt sind. Die DNGE-Materialien könnten die Lebensdauer dieser Systeme verlängern.

Fotos: Dan Hixson, 2026 SMaL EPFL, CC BY-SA



HIP-INVESTMENT SOLL NEUE MÄRKTE UND ANWENDUNGEN ERSCHLIESSEN

Hiperbaric wird die TTT Group mit dem ersten vollständig in Spanien entwickelten und vermarkteten heißisostatischen Pressensystem (Hot Isostatic Pressing, HIP) ausstatten. Die industrielle Anlage vom Typ Hiperbaric HIP 107 dient der Nachbearbeitung metallischer Bauteile und verbessert deren mechanische Eigenschaften – insbesondere für Anwendungen in der Luft- und Raumfahrt, der Verteidigungs- und der Energieindustrie.

Die Anlage arbeitet mit Drücken von bis zu 2.000 bar (200 MPa) und Temperaturen von bis zu 1.400 °C; optional sind sogar 2.000 °C möglich. Dank der integrierten Fast-Cooling-Technologie lassen sich Wärmebehandlung und Materialverdichtung in einem einzigen Prozessschritt kombinieren. Dadurch können laut Hiperbaric Energieverbrauch und Prozesszeiten reduziert werden.

Für die TTT Group bedeutet die Investition einen wichtigen Ausbau ihres Leistungsspektrums. Das Unternehmen ist seit mehr als 65 Jahren als Anbieter von Wärmebehandlungen, Oberflächenbe-



handlungen und Beschichtungen für die europäische Automobil- und Luftfahrtindustrie tätig und erschließt mit der neuen Anlage zusätzlich Märkte wie Öl und Gas.

»Diese Anschaffung ist das größte Investment in unserer 65-jährigen Firmengeschichte«, erklärt Xabier Berasategi, CEO der nordspanischen TTT Group. »Die Integration der HIP-Technologie von Hiperbaric folgt einer klaren Strategie zur Diversifizierung und hin zu Anwendungen mit hoher Wertschöpfung, insbesondere im Luft- und Raumfahrtsektor. Gleichzeitig eröffnet sie den Zugang zu weiteren



Märkten und Zukunftstechnologien wie der Additiven Fertigung und Near-Net-Shape-Verfahren (PM-HIP).«

Beim HIP-Verfahren werden Bauteile gleichzeitig hohen Drücken und Temperaturen ausgesetzt. Dadurch werden Porositäten und innere Defekte beseitigt, die Ermüdungsfestigkeit erhöht und die mechanischen Eigenschaften verbessert. Laut Hiperbaric ist das Unternehmen der einzige Hersteller von HIP-Anlagen in Spanien und betreibt dort zudem das erste HIP Innovation Center Südeuropas, in dem neue Werkstoffe und Anwendungen erprobt werden.

KOMPLETTE BAUPLATTFORMEN SIMULIEREN

Eine vom US Air Force Research Laboratory (AFRL) unterstützte Studie hat die thermomechanische Simulationssoftware PanX von PanOptimization für die Erstellung digitaler Zwillinge kompletter Bauplattformen im Metall-3D-Druck untersucht. Demnach lassen sich Temperaturverläufe und mechanische Verformungen während des gesamten Fertigungsprozesses mit hoher Genauigkeit vorhersagen.

Mit der zunehmenden Industrialisierung der Additiven Fertigung wächst die Bedeutung leistungsfähiger Simulationswerkzeuge, erklärt PanOptimization, das in Pennsylvania beheimatet ist. Insbesondere in regulierten Branchen wie der Luft- und Raumfahrt, der Verteidigungsindustrie oder dem Energiesektor könnten

digitale Zwillinge dazu beitragen, Fertigungsprozesse bereits vor dem eigentlichen Druck zu bewerten, Bauteilverzug vorherzusagen und den Aufwand für Qualifizierung und Validierung zu reduzieren.

Laut PanOptimization kann PanX komplette Bauplattformen einschließlich der thermischen und mechanischen Wechselwirkungen zwischen mehreren Komponenten modellieren. Die Studie weist zugleich darauf hin, dass die erzielten Vorhersagen noch weiter verbessert werden könnten. So wurden in der Untersuchung weder die tatsächlichen Prozesszeiten noch der schichtweise Energieeintrag der Maschine berücksichtigt. Die Autoren gehen davon aus, dass die Einbindung dieser Prozessdaten die Genauigkeit der Simulation weiter erhöhen würde.



Physikbasierte Simulationsmodelle gelten zunehmend als Schlüsseltechnologie für die industrielle Serienfertigung mit additiven Verfahren, so PanOptimization. Sie sollen dazu beitragen, den Bedarf an kostspieligen Testdrucken zu reduzieren und die Zuverlässigkeit von Fertigungsprozessen zu erhöhen.

Fotos: Hiperbaric, PanOptimization

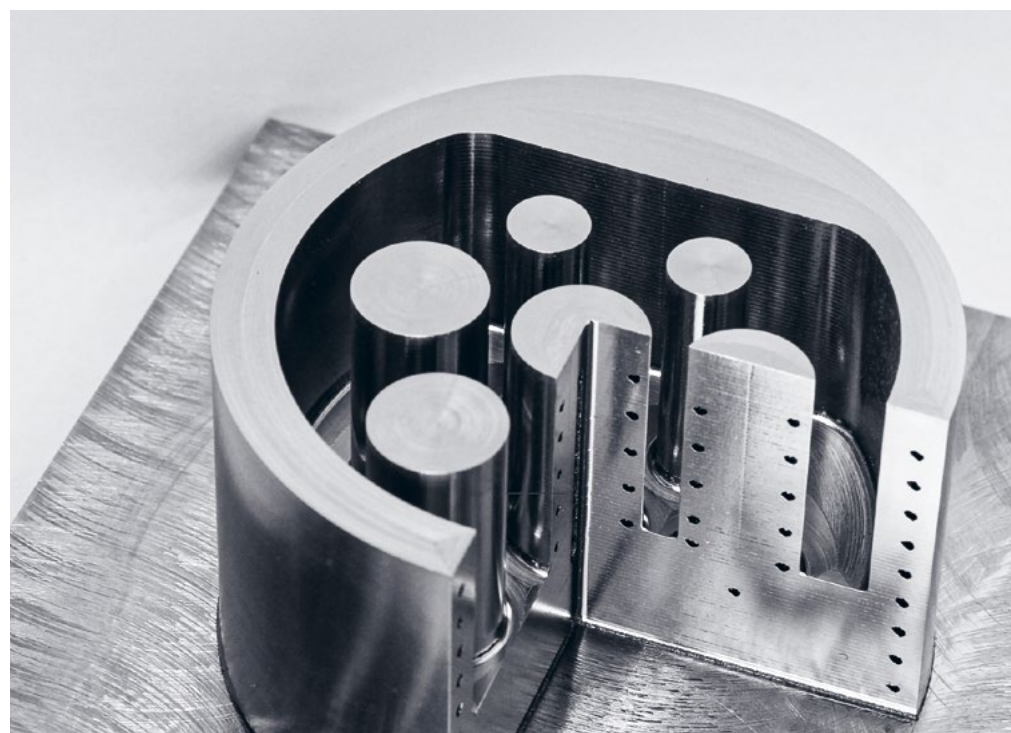
ZWEI PROZESSE, EINE MASCHINE

Ist hybride AM der pragmatische Weg in die industrielle Fertigung? Additive Manufacturing (AM) wird oft mit seinen subtraktiven Fertigungsschwestern in Bezug auf Geschwindigkeit, Oberflächenbearbeitung, Materialien und Kosten verglichen. Aber kann man die beiden auch zusammenbringen, damit das Ganze mehr wert ist als die Summe der Teile?

AM gibt den Konstrukteuren ein hohes Maß an Design-Freiheit, aber selten können die Bauteile direkt aus der Maschine verwendet werden. Die gedruckten Oberflächen sind rau und die Toleranzen oft nicht präzise genug – besonders bei großen Bauteilen. Mittels Fräsen kann man diese Oberflächen und Toleranzen erreichen, aber interne Kanäle oder organische Formen – eine der großen Stärken von AM – sind damit nicht möglich. Hybride AM/CNC-Anlagen vereinen beide Prozesse, sodass ein Bauteil inklusive interner Strukturen gedruckt, zerspannt und oberflächenbearbeitet werden kann, ohne dass es die Maschine verlässt. Genau die Ideen nur eines Setups macht Hybridsysteme für die Fertigung so interessant – insbesondere für die Reparatur. Mittlerweile sind mehrere unterschiedliche Familien von Hybridsystemen auf den Markt gekommen.

DIE GROSSFORMATIGEN ARBEITSTIERE

Viele industrielle Hybridmaschinen kombinieren die Directed Energy Deposition Technology (DED) mit einer mehrachsigen Werkzeugmaschine. Die Lasertec-DED-Hybrid-Baureihe von DMG Mori setzt hier Maßstäbe. Die Anfang 2026 eingeführte Lasertec 65 DED Hybrid der zweiten Generation vereint Laserauftragschweißen, 5-Achs-Fräsen, Drehen, Schleifen, Vorwärmen und 3D-Scannen auf einer einzigen Plattform mit integrierter Schmelzbad- und Prozessüberwa-



chung. Mazak, Okuma und WFL bieten vergleichbare Dreh-Fräs-Maschinen mit Auftragsköpfen an.

DED ist dabei der natürliche additive Partner, da diese Technologie schnell und in großem Maßstab Material aufträgt, allerdings ohne die Maßgenauigkeit von Pulverbettssystemen. Die Werkzeugmaschine sorgt dann für die nötigen Toleranzen und Oberflächenqualität. Der größte Nutzen ergibt sich bei Reparaturen oder wenn man Funktionen hinzufügen will.

Dieses Formwerkzeug für einen Ladestecker für Elektrofahrzeuge veranschaulicht die für den Spritzguss erforderliche Oberflächengüte sowie die 2 mm schmalen Kanäle, die für die konformale Kühlung verwendet werden.

Abgenutzte Turbinenschaufeln, Spritzgusswerkzeuge und große Gussteile können in einem Arbeitsgang gescannt, wiederaufgebaut und endbearbeitet werden. Das verlängert die Lebensdauer hochwertiger Komponenten, die sonst auf dem Schrottplatz gelandet wären. Das lohnt sich insbesondere bei der Wartung in der Luft- und Raumfahrt sowie im Energiesektor, wo Originalteile geschmiedet oder gegossen werden und Ersatzteile extrem teuer sind.

FEINE STRUKTUREN UND BEARBEITUNG

Eine zweite Anlagenklasse basiert auf PBF-Technologie, beispielsweise die Lumex Avance von Matsuura, die AM mit einer Frässpindel mit 45.000 Umdrehungen pro Minute kombiniert. Innenwände und Strukturen werden gefräst, während das Bauteil Schicht für Schicht aufgebaut wird, wodurch Oberflächen bearbeitet werden, die bei einem fertigen Bauteil niemals von einem Fräser erreichbar wären. Die OPM-Serie von Sodick arbeitet nach dem gleichen Prinzip.

Zum Einsatz kommt dieses Verfahren vor allem bei Spritzgussformen mit unter-

einander konformen Kühlkanälen, die der Form der Kavität folgen, anstatt in geraden Linien gebohrt zu werden. Eine bessere Kühlung verkürzt die Spritzzyklen – laut Matsuura um bis zu 50 Prozent –, verbessert die Teilequalität und reduziert die Anzahl der EDM-Schritte. Daneben eignet sich die Kombination aus Präzision und feinen Strukturen für kleine, komplexe Komponenten in der Luft- und Raumfahrt sowie in der Medizintechnik.

DEN EINSTIEG VEREINFACHEN

Nicht jede Fertigung benötigt eine schlüsselfertige Maschine mit Kosten im sechststelligen Bereich; der am schnellsten wachsende Sektor spiegelt dies: Die Ambit-Köpfe von Hybrid Manufacturing Technologies lassen sich in die Frässpindel einsetzen und wandeln so eine vorhandene CNC-Maschine in eine Hybridzelle um. Meltio, 2019 im spanischen Linares gegründet, verfolgt einen ähnlichen Ansatz: Seine Drahtlaser-Lösung lässt sich in Drehmaschinen, Bearbeitungszentren und Roboterarme integrieren und verarbeitet Standard-Schweißdraht, der einfacher zu handhaben und kostengünstiger zu lagern ist als Pulver.

Fotos: D. Sommer et al., Materials 2021, 14, 5753, CC BY 4.0., Matsuura, Belotti Spa

Die Lumex Avance-25 kombiniert PBF und Zerspanung. Matsuura leistete bereits 2002 Pionierarbeit mit diesem hybriden Metallfertigungsverfahren



Phillips bietet diese Lösung als serienmäßige Hybridlösung für Haas-Maschinen an, wobei Early Adopters bereits Maschinenflotten betreiben und Aufträge für die Luft- und Raumfahrt oder die Energiebranche bedienen. Solche Nachrüstungen erleichtern den Einstieg in die Hybridtechnologie und machen sie neben den großen Luft- und Raumfahrtunternehmen auch für Auftragsfertiger, die den Großteil der Branche ausmachen, attraktiv.

GROSSE FORMEN AUS KUNSTSTOFF

Hybridtechnologie findet sich nicht nur im Metallbereich. Der ausgereifteste Ansatz im Polymerbereich ist die großformatige Additive Fertigung (LFAM), bei der ein Granulat-Extruder thermoplastische oder faserverstärkte Verbundwerkstoffe mit hohem Durchsatz leicht überdimensioniert aufträgt und ein CNC-Kopf das Material auf derselben Plattform im Hinblick auf die endgültigen Toleranzen bearbeitet. Eine gedruckte und bearbeitete Form aus Verbundwerkstoff kann innerhalb von Tagen statt von Wochen fertig sein. Dieses Verfahren findet sich vor allem bei großen Werkzeugen, Formen, Modellen und Vorrichtungen für die Luft- und Raumfahrt, die Automobilindustrie und den Schiffsbau.

Thermwood, ein etablierter Hersteller von CNC-Fräsmaschinen, kombiniert bei seinen LFAM-Maschinen einen Polymer-Druckkopf mit einem 5-Achsen-Fräskopf, wobei die Baulängen bis zu 30 Meter erreichen. Die MasterPrint von Ingersoll verfügt über einen Extruder mit einer Leistung von bis zu 225 Kilogramm pro Stunde, der automatisch gegen einen 5-Achsen-Fräskopf ausgetauscht werden kann, und hat bereits einen funktionsfähigen Bootsrumppf gedruckt.

Europa ist in dieser Technologie gut vertreten: Das niederländische Unternehmen CEAD baut den Roboter »Flexbot« und den »Flexcube«, der auf der Formnext 2024 mit integrierter Fräsfunktion vorgestellt wurde. Das italienische Unternehmen Belotti bindet einen CEAD-Extruder in sein 5-Achsen-BEAD-Bearbeitungszentrum ein, druckt mit einer Geschwindigkeit von 12 bis 80 Kilogramm pro Stunde und erzielt eine Oberflächengenauigkeit im Bereich von Hundertstel Millimetern. Auch hier gibt es das Konzept der Nachrüstung: »

Der Pellet-gespeiste Ambit-Xtrude-Kopf von Hybrid Manufacturing Technologies ermöglicht die Bearbeitung großformatiger Polymerteile auf einer bestehenden CNC-Maschine.

EINE ANDERE FORM VON HYBRIDVERFAHREN

Ein Verfahren kommt ohne das Schmelzen aus: Das Ultrasonic Additive Manufacturing (UAM) von Fabrisonic verbindet dünne Metallfolien mithilfe hoher Frequenzen bei niedriger Temperatur, und die SonicLayer-Anlagen des Unternehmens kombinieren diesen Prozess mit CNC-Fräsen, was Strukturen zwischen den Schichten ermöglicht. Da kein Schmelzbad entsteht, verbindet UAM unterschiedliche Metalle wie Aluminium und Titan ohne spröde intermetallische Verbindungen und kann Sensoren, Elektronik oder Kühlkanäle in ansonsten massives Metall einbetten. Fabrisonic hat sogar gemeinsam mit der NASA daran gearbei-

tet, das Verfahren für Weltraummissionen zu miniaturisieren. UAM ist zwar eine Nische, leistet aber Dinge, die schmelzbasierte Hybridverfahren nicht können.

WOHIN SICH DIE FORSCHUNG ENTWICKELT

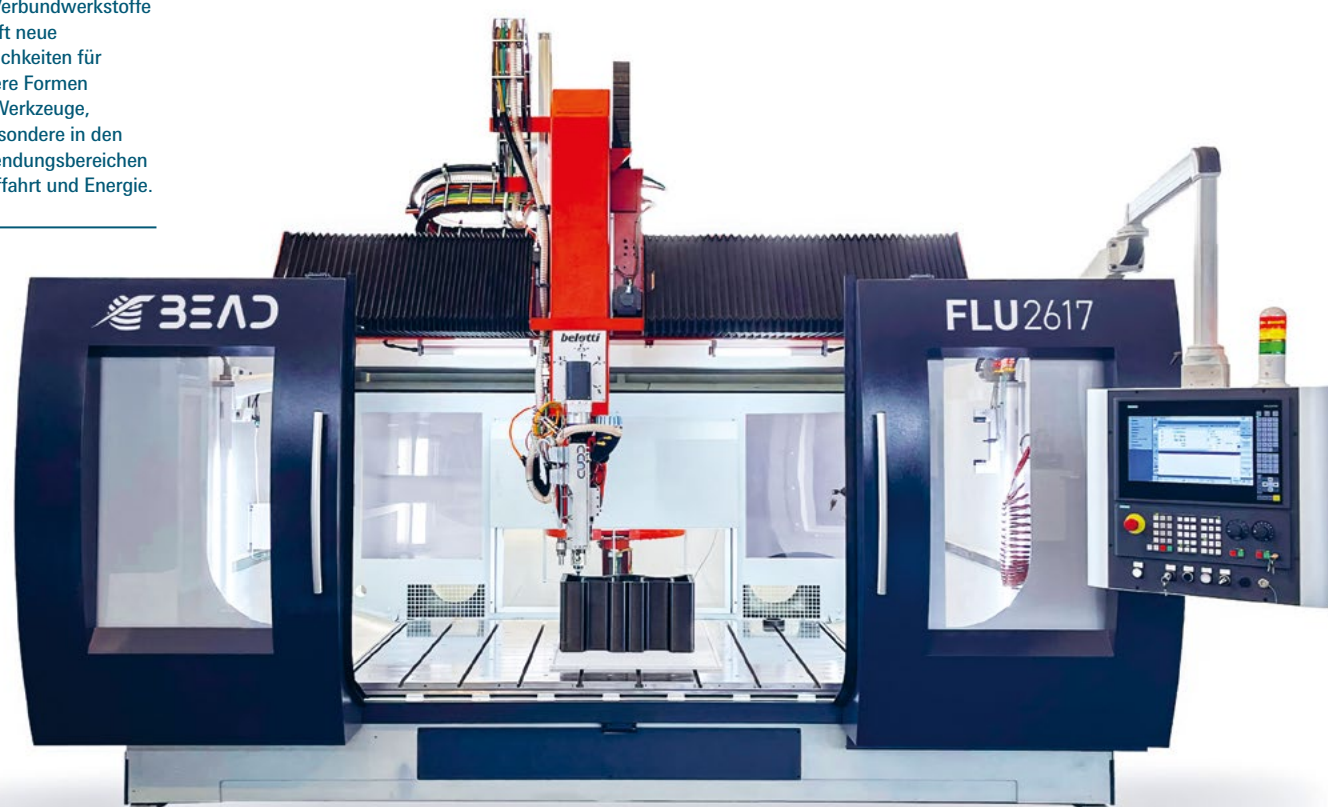
Die Zukunft liegt in der Entwicklung von Hybridsystemen mit geschlossenem Regelkreis, die jede aufgetragene Schicht überwachen und Korrekturen in Echtzeit vornehmen, um so eine fehlerfreie, autonome Fertigung zu erreichen. Die Prozessüberwachung und die easyAM-Steuerung von DMG Mori weisen bereits in diese Richtung. Wissenschaftliche Arbeiten zu additiv-subtraktiven Cold-Spray-Zellen, bei denen In-situ-Laserprofilierung und adaptive Werkzeugwege zur Reparatur von Fehlern ohne manuelle Programmierung eingesetzt werden, erweitern diesen Ansatz hin zu einer vollautomatischen Reparatur. Die größere Herausforderung besteht darin, mehrere Sensorströme

zusammenzuführen, damit eine Maschine während des Bauprozesses selbst entscheiden kann, ob ein Fehler korrigiert, nachgeschichtet oder wegbearbeitet werden muss.

Daneben kann man komplexe Multi-Material-Teile, eine durch maschinelles Lernen gesteuerte Prozessplanung und eine lückenlosere Rückverfolgbarkeit im »Digital Thread« erwarten. Auf der Formnext 2025 in Frankfurt zeigte DMG Mori, dass sich die Hybridtechnologie von einer Nische zum neuen Standard für flexible, effiziente Produktion entwickeln kann. Die Kombination aus additiven und subtraktiven Verfahren in einem Arbeitsablauf scheint tatsächlich die Richtung zu sein, in die sich die Branche bewegt.

+ MEHR INFOS UNTER:
» formnext.com/fonmag

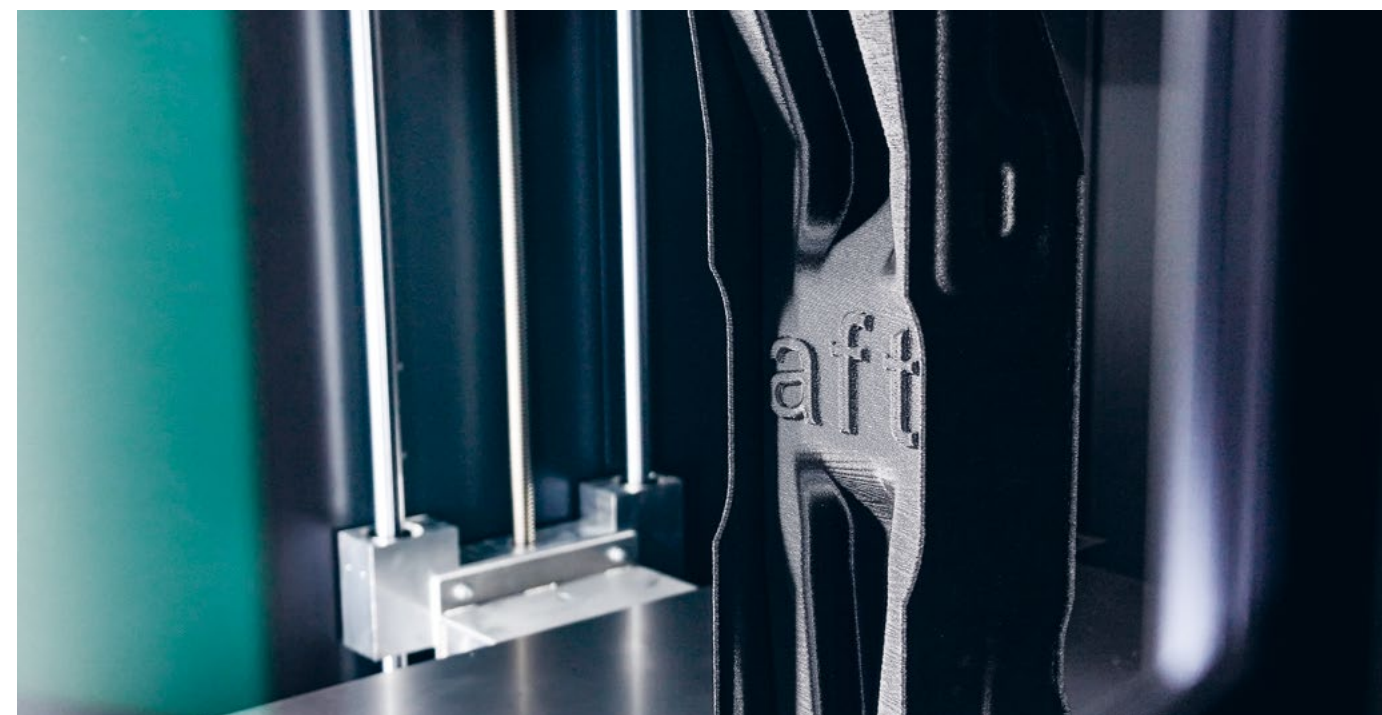
Das hybride AM-Verfahren für Polymere und Verbundwerkstoffe schafft neue Möglichkeiten für größere Formen und Werkzeuge, insbesondere in den Anwendungsbereichen Schifffahrt und Energie.



Text: Thomas Masuch

DIE PASSENDE NISCHENGEFUNDEN

Das Hamburger Unternehmen Liqtra setzt bei seinen Sondermaschinen für die additive Serienfertigung die eigenen Extrusionstechnologien ein



Auch wenn der Automobilbau insbesondere in Europa gerade herausfordernde Zeiten durchlebt, ist die Branche für Liqtra mit seinen additiven Lösungen für die Serienproduktion ein attraktiver Markt: »Bei uns läuft es derzeit sehr gut«, berichtet Co-Founder und technischer Manager Joscha Krieglsteiner. »Gegen den allgemeinen Trend sind wir auch durch Projekte im Automobilbau in der jüngeren Vergangenheit stetig gewachsen und haben noch zahlreiche neue Projekte in der Pipeline«, freut er sich. Heute beschäftigt das 2019 gegründete Unternehmen 14 Mitarbeiter – die meisten davon im technischen Bereich.

Der Automobilsektor ist für Liqtra der wichtigste Markt. Hier finden sich große Stückzahlen mit einem hohen Material-

durchsatz wie kaum irgendwo anders. »Die Projekte für die Additive Fertigung insbesondere in der Serienfertigung sind da, oftmals fehlt nur die technische Kompetenz für die Umsetzung«, so Krieglsteiner. Kunden sind in der Regel Tier-1-Zulieferer, denn diese hätten die Freiheit zu entscheiden, ob Innovationen umgesetzt werden.

TECHNOLOGIEANBIETER UND INGENIEURBÜRO

Die erfolgreiche Unternehmensentwicklung ist auch eine Folge der Flexibilität, die sich die Gründer stets bewahrt haben. »Wir haben mit einer technischen Idee für hochproduktive Materialeextrusion angefangen und diese in Maschinen gepackt«, blickt Krieglsteiner zurück. »Allerdings hat sich auch vor vier Jahren »

Für den 3D-Druck eines rund einen Meter hohen Strukturbauteils für den Tier-1-Zulieferer AFT Automotive hat Liqtra eine Pellet-3D-Druck-Anlage entwickelt.

Fotos: Liqtra

schon abgezeichnet, dass 3D-Drucker von der Stange im Filament-Bereich ein schwieriges Geschäft sind«, vor allem aufgrund des Preiswettbewerbs mit chinesischen Anbietern. »Man muss deshalb nach Nischen suchen, die für Unternehmen aus China schwieriger erreichbar sind.« Für Liqtra ist diese Nische eine Mischung aus Technologieanbieter und kreativem Ingenieurbüro für die Additive Fertigung: »Wir sind ein Partner für die Entwicklung technisch anspruchsvoller Sonderlösungen.« Bei der recht flexiblen Unternehmensentwicklung kam dem jungen Unternehmen auch zugute, dass die Gründer stets selbstbestimmt waren und sich nicht durch externe Einflüsse wie beispielsweise Vorgaben von VC-Investoren leiten lassen mussten. Sie haben sich damit die nötige Freiheit behalten, um ihr Geschäftskonzept entsprechend der Marktsituation zu entwickeln. »In Anbetracht der wirtschaftlichen Umstände war das auch der passende

Weg«, so Krieglsteiner. Denn die Zeiten, in denen Vielseitigkeit ein wesentliches Verkaufsargument für 3D-Drucker war, sind vorüber. »Mit der zunehmenden Reife von Serienanwendungen kommt seit einigen Jahren das Thema Customization auf den Plan. Serienfertigung benötigt keine große Vielseitigkeit, sondern profitiert von Performance-Steigerungen und Kostenvorteilen, die durch die anwendungsspezifische Optimierung einer Maschine erreicht werden.«

WIRTSCHAFTLICHE STÜCKZAHLGRENZE VERSCHOBEN

Bei der Entwicklung der Sondermaschinen geht Liqtra immer von einer konkreten Anwendung aus. »Wir brauchen einen Use Case – am besten große Teile und große Stückzahlen«, erklärt Krieglsteiner. Dann werden für jeden passenden Anwendungsfall neue Maschinen gebaut – bei denen aber Kerntechnologien und -komponenten aus den Bereichen

Foto links:
Jeweils eine Standardmaschine der FX-Serie für die Verarbeitung von Filament (FFF) und der PX-Serie für die Verarbeitung von Granulat (FGF). Der Druckkopf VPX-1 mit patentierter Ventildüsenteknologie ist für den FGF-Prozess optimiert und bietet Freiheitsgrade wie beim FFF: Rechts unten als Standarddruckkopf mit Kühlung, rechts oben als Teil einer Sonderlösung mit zwei Druckköpfen in einem Endeffektor

Industrieller 3D-Druck für die Kernfertigung der Zukunft

Die Anforderungen an die industrielle Kernfertigung steigen kontinuierlich: Gießereien weltweit erwarten höhere Produktivität, maximale Prozesssicherheit und wirtschaftliche Serienfertigung. Mit dem Drucker **L3D-200** im Mittelpunkt hat die Laempe Mössner Sinto GmbH eine 3D-Druck-Lösung entwickelt, die speziell für die industrielle Fertigung von Sandkernen und Sandformen ausgelegt ist.

Das modulare System verbindet hohe Druckgeschwindigkeit mit einer offenen Materialplattform und skalierbarer Auto-

omatisierung. Anwender können den Drucker flexibel an ihre Produktionsanforderungen anpassen und bei wachsendem Bedarf erweitern. Gleichzeitig ermöglicht die Materialoffenheit den Einsatz vorhandener Sand- und Bindersysteme. Entwickelt auf Basis der Erfahrungen aus industriellen Großprojekten erfüllt der **L3D-200** die Anforderungen an Verfügbarkeit, Robustheit und Wirtschaftlichkeit im Gießereialltag.

Ausgezeichnete Technologie für die industrielle Serienfertigung

Die Leistungsfähigkeit des Systems wurde 2025 mit dem renommierten (R)Evolution Award der Formnext ausgezeichnet. Prämiert wurde eine hochautomatisierte Binder-Jetting-Lösung für die Serienfertigung von Sandkernen, die bereits erfolgreich bei der BMW Group eingesetzt wird. Mit einer Leistung von mehr als 1.100 Sandkernen pro Tag zählt die Anlage zu den produktivsten industriellen 3D-Druckanlagen weltweit. Sie bildet die gesamte Prozesskette ab – von der Materialaufbereitung über den Druckprozess bis hin zum automa-

tisierten Entsanden, Reinigen und der optischen Qualitätskontrolle.

Mit der offiziellen Präsentation des **L3D-200** während der Open Week 2026 im Juni unterstreicht Laempe seinen Anspruch, die additive Kernfertigung konsequent in Richtung industrieller Serienproduktion weiterzuentwickeln.

Besuchen Sie Laempe auf der Formnext 2026:
Halle 12.0 | Stand B.17

LAEMPE

Laempe Mössner Sinto GmbH
Hintern Hecken 3, 39179 Barleben
Tel.: +49 (0) 39202 / 692-0
Email: info@laempe.com
www.laempe.com



Extrusion und Software wiederkehrend zum Einsatz kommen. Angepasst werden hingegen Merkmale aus dem Bereich des klassischen Maschinenbaus, etwa die Bauraumgröße, die Anzahl der Druckköpfe, der Einbau zusätzlicher Achsen und die Prozessautomatisierung. Die Sondermaschinen (oder Produktionsmodule) werden dann in bestehende Produktionsstraßen integriert.

Trotz dieses individuellen Ansatzes hat Liqtra auch Standardmaschinen im Angebot: die FX-Serie (Filament-Druck) und die PX-Serie (Pellet-Druck). »Bei den Serienanwendungen fungieren diese in der Regel als Basis, um Bauteil und Prozess gemeinsam mit dem Kunden zu optimieren und Spezifikationen der maßgeschneiderten Anlage für die Serienproduktion abzuleiten«, so Krieglsteiner. Die Vorserienproduktion und die Qualifizierung starten bereits auf diesen Maschinen. »Unsere Standardmaschinen haben in diesem Fall eine Enabler-Funktion. Der Sprung zur Sondermaschine für die Serie ist aber nur für sehr hohe Stückzahlen sinnvoll.« Der Sondermaschinenbau für die Serie bedeutet dann, beispielsweise Kinematik-Achsen zu skalieren oder mehrere Drucksysteme in einer Maschine zu verbauen. »Wir erreichen dadurch mit vergleichsweise geringem Aufwand eine

Erhöhung der Produktivität und eine Reduzierung der Bauteilkosten. Die Grenze der Stückzahlen, bis zu der 3D-Druck wirtschaftlich sinnvoll ist, verschieben wir durch diesen Ansatz weiter nach oben.« Auch wenn bei manchen Projekten mehr als ein Jahr Entwicklungsarbeit zu leisten ist, macht sich der Aufwand laut Krieglsteiner oftmals auch schon dann bezahlt, wenn 10 Prozent bei den Bauteilkosten gespart werden.

SERIENFERTIGUNG FÜR DIE AUTOMOBILBRANCHE

Der Pellet-Druck kommt bei Liqtra insbesondere zur Herstellung großformatiger Bauteile in hoher Stückzahl zum Einsatz, bei denen das Kunststoffgranulat seine Kostenvorteile gegenüber FDM ausspielen kann. So konnte Liqtra ein Projekt umsetzen, das in der Automobilindustrie Schlagzeilen gemacht hat: Für den 3D-Druck eines rund einen Meter hohen Strukturbauteils für den Tier-1-Zulieferer AFT Automotive wurde eine Pellet-3D-Druck-Anlage entwickelt. Schließlich konnten bereits jetzt mehrere Vorteile erzielt werden: zum einen eine Kosteneinsparung durch geringeren Montageaufwand der additiven Integralbauweise und zum anderen ihr Leichtbauvorteil durch das Einsparen von Verbindungselementen.

Dass dieses Projekt eine spezifische Anlage erforderte und nicht mit einem 3D-Drucker von der Stange umgesetzt werden konnte, liegt für Krieglsteiner auch in der technischen Besonderheit des Pellet-Drucks: »In der Regel können Granulatdrucker den Druck nicht sauber unterbrechen, um zum Beispiel über Freiräume zu fahren. Dann entstehen meist Fäden.« Oftmals wird dieses Manko damit umgangen, dass in Spiralformen gedruckt wird, sodass der Drucker nicht absetzen muss. Liqtra hat dieses Problem mit einer eigens entwickelten und patentierten Düse gelöst, die laut Krieglsteiner den Druck sauber stoppen und auch wieder aufnehmen kann. Dadurch sind die Granulat-basierten Prozesse von Liqtra nicht auf Spiralvasen bzw. Endlosextrusion beschränkt, sondern ermöglichen Freiheiten, die bislang nur in Filament-basierten Prozessen möglich waren. Für die Anwendungsfälle der Kunden sind somit bis zu 30 Prozent Materialeinsparungen möglich.

+ MEHR INFOS UNTER:
» formnext.com/fonmag
» liqtra.de

VOM NETZWERK ZUR ANWENDUNG

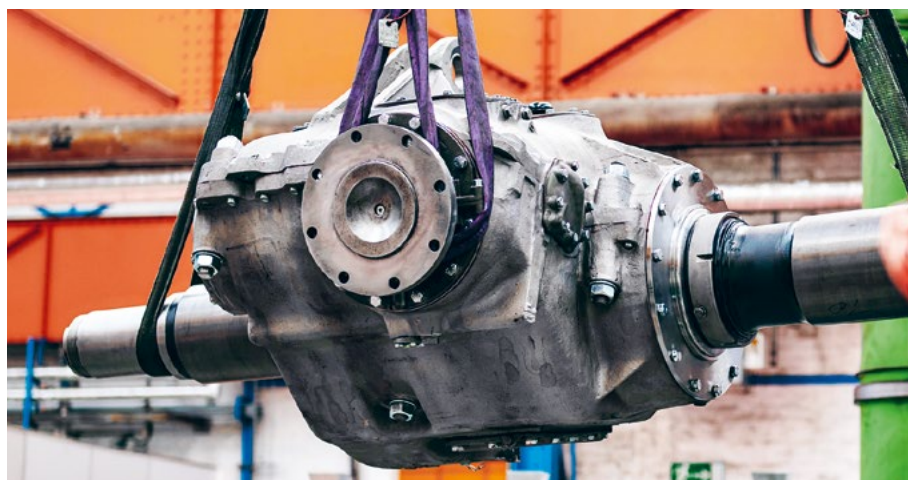


Foto oben:
Mithilfe des Sandform-
drucks wurden Motoren-
teile hergestellt, was die
Durchlaufzeit um
8 Monate verkürzt hat
Foto unten:
Stefanie Brickwede
ist Geschäftsführerin
von MGA und leitet
den Bereich Additive
Manufacturing bei der
Deutschen Bahn

Als das Mobility-goes-Additive-(MGA)-Netzwerk vor zehn Jahren gegründet wurde, stand vor allem eine Frage im Raum: Wie lässt sich der 3D-Druck aus einzelnen Pilotprojekten in den industriellen Alltag überführen? Zehn Jahre später liefert das Netzwerk darauf konkrete Antworten – von neuen Normen über Zulassungsverfahren bis hin zu mehr als 200.000 additiv gefertigten Bauteilen im Bahnbereich. Für Geschäftsführerin Stefanie Brickwede hat sich dabei der Fokus von der technologischen Machbarkeit hin zur Förderung der industriellen Anwendung verschoben.

Als MGA 2016 mit neun Gründungsmitgliedern startete, stand zunächst die Vernetzung von Unternehmen im Eisenbahnsektor im Vordergrund. Stefanie Brickwede, damals schon Leiterin des Bereichs Additive Manufacturing bei der Deutschen Bahn, suchte nach Lösungen für Obsoleszenz und die langfristige Versorgung mit Ersatzteilen, da aufgrund der langen Lebensdauer von Zügen viele Ersatzteile nicht mehr verfügbar oder die Beschaffung sehr unwirtschaftlich war. »Wir haben recht früh erkannt, welches Potenzial AM hier bietet – allerdings nur, wenn Hersteller, Zulieferer, Dienstleister, Forschung und Zertifizierungsstellen mit Anwendern zusammenarbeiten.«



Inzwischen zählt das Netzwerk rund 140 Mitglieder und hat seine Aktivitäten weit über den Mobilitätssektor hinaus ausgeweitet. Neben der Bahn beschäftigen sich heute eigene Fachgruppen unter anderem mit Luft- und Raumfahrt, Bau, Lifestyle-Medizintechnik sowie Verteidigung. Hinzu kommen internationale Kooperationen, die politische Interessenvertretung sowie Veranstaltungen und Technologieprogramme, die den Austausch zwischen Anwendern, Herstellern und Forschungseinrichtungen fördern.

Für Brickwede ist das Wachstum jedoch kein Selbstzweck. Entscheidend sei vielmehr, dass die Mitglieder des Netzwerks von unterschiedlichen Sichtweisen, aber auch Gemeinsamkeiten lernen können. Eine wichtige Rolle dabei spielt die Entwicklung von Standards. »Mit zunehmender Reife der Industrie werden diese immer wichtiger«, sagt sie.

Ein Beispiel ist die DIN 52920, die aus der Zusammenarbeit innerhalb des Netzwerks hervorgegangen ist und Ziele für die Qualifizierung additiv gefertigter Bauteile definiert. Gerade in regulierten Branchen wie dem Schienenverkehr sind Standards eine wesentliche Voraussetzung, um Bauteile freizugeben und die Technologie in den industriellen Einsatz zu bringen. MGA unterstützt deshalb nicht

nur die Arbeit verschiedener Gremien bei DIN und ISO, sondern will sich künftig auch finanziell an den DIN-Aktivitäten beteiligen.

Darüber hinaus organisierte das Netzwerk einen sogenannten Round-Robin-Test, bei dem beispielsweise die Qualität additiv gefertigter Aluminiumbauteile verschiedener Dienstleister und Anwender verglichen wurde.

Wie groß der Schritt von der Pilotanwendung zur industriellen Nutzung inzwischen ist, zeigt sich besonders im Bereich der Deutschen Bahn, die Initiatorin und Förderin von MGA ist. Dort wurden bereits mehr als 200.000 Bauteile additiv gefertigt und über 1.000 unterschiedliche Anwendungen umgesetzt. Gedruckt werden sowohl Ersatzteile als auch Fertigungs- und Betriebsmittel – von Bohrschablonen bis hin zu flammhemmenden Kunststoffkomponenten für den Fahrgastraum. Zum Einsatz kommen dabei zwölf unterschiedliche AM-Verfahren, wobei Metallbauteile überwiegend gemeinsam mit spezialisierten Dienstleistern gefertigt werden.

Besonders großes Potenzial sieht Brickwede in der digitalen Ersatzteilversorgung. Allein die Deutsche Bahn hält Ersatzteile im Wert von rund 1,8 Milliarden Euro auf Lager. Nach Einschätzung von MGA könnten etwa 10 Prozent dieser Komponenten bei Bedarf additiv gefertigt werden. Viele dieser Bauteile werden nur selten benötigt, sind beim Originalhersteller nicht mehr verfügbar oder müssen bislang in wirtschaftlich ungünstigen Mindeststückzahlen beschafft werden.

Die Kastenkulisse ist ein massives Metallbauteil im Drehgestellbereich von ICE-Zügen. Konventionell wird dieses Bauteil, ohne das ein ICE-Zug nicht in den Fahrbetrieb darf, im Gussverfahren hergestellt. Durch den 3D-Druck des 27 kg schweren sicherheitsrelevanten Ersatzteils aus Edelstahl konnte die Stillstandzeit eines verunfallten ICE 2 von 10 auf 4 Monate reduziert werden.



Digitale Ersatzteillager und Manufacturing on demand könnten hier Lagerkosten reduzieren und gleichzeitig die Verfügbarkeit erhöhen.

Diese Entwicklung spiegelt sich auch in neuen Beschaffungsstrategien wider. So enthalten Beschaffungsverträge beispielsweise bei der Deutschen Bahn oder den Niederländischen Staatsbahnen inzwischen Anforderungen, wonach ein Teil der Komponenten additiv herstellbar sein muss. Ziel ist nicht, möglichst viele Teile zu drucken, sondern dort auf Additive Manufacturing zurückzugreifen, wo die Technologie wirtschaftliche oder logistische Vorteile bietet.

»Auch in der Übertragung auf verwandte Industrien, wie den öffentlichen Personennahverkehr, liegt schnell zu hebendes Potenzial, da die Rahmenbedingungen sehr ähnlich zum Schienenverkehr sind«, erklärt Stefanie Brickwede. Die zugehörige MGA-Arbeitsgruppe trifft sich anlässlich der Formnext und eröffnet damit den häufig erst recht kurz im AM-Bereich engagierten ÖPNV-Unternehmen umfassende Einblicke und Adaptionmöglichkeiten.

Während sich MGA zunächst vor allem auf den ÖPNV- und Schienenverkehr konzentrierte, rücken inzwischen weitere Industrien in den Fokus. So veranstaltet das Netzwerk regelmäßig ein European Healthcare Forum for Additive Manufacturing (EHFAM) und hat bereits vor drei Jahren eine Defence-Arbeitsgruppe gegründet. Gemeinsam mit anderen Initiativen, wie dem Resilience Technology Campus in Berlin, soll dort

die Vernetzung zwischen Verteidigungsunternehmen und der AM-Branche weiter ausgebaut werden. Die geopolitischen Entwicklungen hätten den Innovationsdruck zwar erhöht, sagt Brickwede. Gleichzeitig dürfe dies jedoch nicht dazu führen, etablierte Zulassungs- und Qualitätsanforderungen zu vernachlässigen. »Wir können nicht alles über Bord werfen – wir haben weiterhin Regularien, die eingehalten werden müssen.«

Nach zehn Jahren sieht Brickwede das Netzwerk deshalb an einem anderen Punkt als zu Beginn. Stand anfangs die Frage im Mittelpunkt, wo sich Additive Manufacturing überhaupt einsetzen lässt, geht es heute zunehmend darum, die Technologie zuverlässig zu skalieren.

Weitere Formnext-Specials zum Fokusthema AM in Automotive, Transport, Mobilität:

- » Formnext Technology Talk, 23. September, 15:00 Uhr MESZ mit Stefanie Brickwede und weiteren Branchenführern
- » kostenloses Whitepaper mit Anwendungsbeispielen von Deutsche Bahn, Daimler Trucks & Buses, Siemens Mobility, Sakku und BMW Group

unter formnext.com/mobilitaet

+ MEHR INFOS UNTER:
» formnext.com/fonmag
» mga-net.com



EINE SPEZIELLE BRANCHE MIT GROSSEM POTENZIAL

Der Defence-Bereich ist derzeit wohl einer der größten Treiber der internationalen AM-Industrie. Dabei lässt sich dieser spezielle Sektor kaum mit anderen Anwenderindustrien vergleichen: Er gilt als recht geschlossene Community mit vielen nationalen und internationalen Interessen. Die Anwendungen und Anforderungen könnten dabei unterschiedlicher kaum sein. Das reicht von Ersatzteilen für Panzer über den 3D-Druck auf Schiffen bis hin zu höchst anspruchsvollen Komponenten für Flugzeuge und Raketen.

In diesem Special fassen wir die aktuellen Entwicklungen der Verteidigungsbranche zusammen, besprechen aktuelle Anwendungen für Land-, Luft- und Seestreitkräfte sowie die Chancen und Herausforderungen für die Additive Fertigung insgesamt. Im zweiten Teil geben wir tiefere exklusive Einblicke am Beispiel von zwei wichtigen europäischen Playern: Rheinmetall UK, das mit AM seine Panzer weiterentwickelt, und das spanische Unternehmen Novaindef, das Ersatzteile an das spanische Militär liefert und Produktionskapazitäten für künftige militärische Herausforderungen aufbaut.

VERSORGUNGSSICHERHEIT UND »GATED COMMUNITY«

»Die Verteidigungsindustrie ist eine Gated Community: Unsere aktuellen Projekte haben lange gedauert, man muss lange dranbleiben, bis die Tür aufgeht, aber wenn sie offen ist, ist die Zusammenarbeit deutlich angenehmer als mit einigen anderen Branchen«, erzählte uns der CEO eines wichtigen AM-Players. Die angenehme Zusammenarbeit zeige sich demnach in »bodenständigen Erwartungen«, die auch darauf zurückzuführen sind, dass in vielen Militärbereichen die technologische Entwicklung noch nicht so weit vorangeschritten ist wie vielleicht in anderen Branchen. Und auch finanziell gebe es einen deutlichen Unterschied zum Beispiel zur Automobilindustrie: Im Verteidigungsbereich »wird auch nicht um

kleinste Details in den Verträgen nachverhandelt«.

Dass nicht nur der Preis und die technische Qualifizierung der Bauteile entscheidend sind, liegt auch daran, dass im Militärbereich zahlreiche andere Anforderungen an Zulieferer eine Rolle spielen – u. a. Geheimschutz, Exportkontrolle, langfristige Versorgungssicherheit, Sicherheitsvorkehrungen und Eigentümerstruktur.

Es gibt konkrete Gründe, warum die Branche, trotz einer gewissen Öffnung in der Außendarstellung, vergleichsweise geschlossen bleibt, insbesondere in Europa. Russlands Krieg in der Ukraine findet direkt vor der Haustür der EU statt, zahlreiche Ausrüstungen und Waffen werden von Unternehmen und ihren Zulieferern in Europa gefertigt, teilweise in Kooperation mit ukrainischen Unternehmen. Dass man da auch mit einer gewissen Bedrohungslage rechnen muss, haben zahlreiche Sabotageakte in ganz Europa wie zuletzt der Fund einer Sprengstoffdrohne auf dem Leipziger Flughafen oder die Anschlagspäne gegen Rheinmetall-CEO Armin Papperger gezeigt. Auch die Sabotageaktionen linksautonomer Gruppen in England haben zum Teil dazu geführt, dass viele AM-Hersteller ihre Aktivitäten im Defence-Bereich nicht mehr öffentlich, sondern nur noch in geschlossenen Gruppen vorstellen.

Diese Geschlossenheit stellt auch besondere Anforderungen an den Vertrieb von AM-Unternehmen, was dazu führt,

dass sich immer öfter Ex-Militärs in führenden Positionen wiederfinden. Ein Beispiel dafür ist der australische Hersteller von WAAM-Anlagen AML3D. Der Vorstand der US-Tochter wird vom pensionierten Konteradmiral der US-Marine David Goggins sowie von Larissa Smith, der ehemaligen Direktorin für Additive Fertigung bei der US-Marine, beraten.

MARKT, BUSINESS UND AUSBLICK: »NICHT EINFACH NUR MEHR TEILE DRUCKEN«

Die Verteidigungsbudgets sind in den vergangenen Jahren deutlich gewachsen – insbesondere angetrieben durch die Kriege in der Ukraine und am Persischen Golf. Der National Defense Authorization Act (NDAA) 2026 autorisiert Verteidigungsausgaben von mehr als 900 Mrd. USD. Wie viel davon für die Additive Fertigung zur Verfügung steht, lässt sich schwer schätzen, allerdings wird der Anteil immer größer.

Der AM-Markt im Verteidigungssektor wird von 360iResearch auf 2,16 Mrd. USD beziffert, die Prognosen für die kommenden Jahre liegen bei 2,48 Mrd. USD pro Jahr und bei 5,99 Mrd. USD im Jahr 2032, was einem jährlichen Wachstum von rund 15,7 Prozent entspricht. Ein stark wachsender Teil davon entfällt auf die additive Drohnenproduktion: Dieses Segment soll von 140 Mio. USD im Jahr 2025 auf 900 Mio. USD im Jahr 2034 wachsen, so AM Research.

Text: Thomas Masuch

Fotos: GKN Aerospace, Dan Linehan, Elmet

Insgesamt rechnet Hamid Zarringhalam, CEO und General Manager von Nikon Advanced Manufacturing, damit, dass AM insbesondere bei Triebwerken, Aerospace-Strukturen maritimen Komponenten, Instandhaltung und Reparatur immer wichtiger wird. »Die breite Einführung wird jedoch stark davon abhängen, ob die Branche ein widerstandsfähiges Fertigungsökosystem schaffen kann, das auf qualifizierten Prozessen, gemeinsamen Datensätzen, einer passenden Personalentwicklung und einer sicheren regionalen Produktion basiert. Die Zukunft der Verteidigungsindustrie besteht nicht einfach darin, mehr Teile zu drucken – es geht vielmehr darum, wiederholbare und zuverlässige industrielle Kapazitäten aufzubauen, die effizient dort und dann eingesetzt werden können, wo und wann sie benötigt werden.«

Imposante Beispiele für die stärkere Verbreitung von AM im Verteidigungssektor sind u. a. Beehive Industries und Velo3D, das einen Großteil seiner Aufträge aus dem Luft- und Raumfahrt- sowie dem Verteidigungssektor erhält. Velo3D eröffnete »Forge 1«, einen Campus, der Platz für mehr als 40 große Metall-AM-Anlagen bietet. Beehive Industries baut seit 2020 Triebwerke für die US-Luftwaffe. Heute beschäftigt das Unternehmen 400 Mitarbeiter an vier Standorten mit einer Gesamtfläche von 30.000 m², was der Fläche von vier Fußballfeldern entspricht.

Im Juni 2026 investierte Beehive 50 Mio. USD in 30 weitere EOS-M4-Onyx-Drucker – und sorgte damit für den größ-

ten Einzelauftrag, den EOS je öffentlich bekannt gegeben hat. Damit stieg die Zahl der Anlagen auf 50, womit über 8.000 Triebwerke pro Jahr produziert werden sollen. Die Besonderheit von Beehive: Die Turbinen werden von Anfang an mit Blick auf AM konzipiert – statt aus über 600 Bauteilen bestehen sie aus nur rund 50.

Auch bei Investoren sind Unternehmen, die spezielle AM-Lösungen für den Verteidigungsbereich anbieten, gefragt: So konnte das vier Jahre junge US-Unternehmen Firestorm Labs in verschiedenen Finanzierungsrunden seit 2023 über 150 Mio. USD einsammeln. Die xCell von Firestorm Labs ist eine mobile Mikrofabrik, die in einem oder zwei 20-Fuß-ISO-Containern untergebracht wird und speziell für die dezentrale Fertigung von Drohnen und Ersatzteilen im militärischen Einsatz entwickelt wurde. Ausgestattet ist das System u. a. mit HP-MJF-Druckern, Montage- und Nachbearbeitungs- sowie Prüf- und Qualitätssicherungsanlagen.

MARINE

Auch bei der Marine spielt AM eine immer größere Rolle: Zunehmend werden Schiffe mit AM-Systemen ausgestattet, u. a. um defekte Komponenten auf See zu ersetzen, ohne dass die Schiffe einen Hafen anlaufen müssen. Ein bedeutender Meilenstein wurde beim internationalen RIMPAC-Manöver im Juli 2026 erreicht, als u. a. die 257 Meter lange USS Essex und der Flugzeugträger USS Theodore Roosevelt mit verschiedenen AM-Systemen und teilweise auch CNC-Anlagen für die Nach-

bearbeitung ausgestattet wurden. Auf der Essex wurden in einer xCell nach Angaben von Firestorm Labs mehr als 1.000 AM-Teile hergestellt sowie Squal-FPV-Drohnen gedruckt und montiert. Außerdem konnte auf einem operativen U-Boot der Virginia-Klasse erstmals ein zertifiziertes und 3D-gedrucktes Metallbauteil verbaut werden. Daneben entstehen auch ganze Boote mithilfe von 3D-Druckern, inzwischen auch im militärischen Bereich. So fertigte Haddy aus Florida jüngst sein TF-179-Drohnenboot mit einem großformatigen 3D-Drucksystem von CEAD, das mit Roboterarmen arbeitet.

LUFTWAFFE

Eine absolute High-End-Anwendung vermeldeten jüngst Pratt & Whitney und GKN Aerospace: Die beiden Unternehmen arbeiten an einem 3D-gedruckten Gehäuse für das F135-Triebwerk der F-35 Lightning II. Die Zertifizierung ist bis 2028 angestrebt. GKN Aerospace wird den Demonstrator in Originalgröße in Norwegen im »Laser-Directed Energy Deposition«-Verfahren herstellen; der erste Demonstrator wird für 2027 erwartet. Auch bei Zulieferern spielt AM eine wichtige Rolle, nicht nur bei der Fertigung, sondern auch bei der Produktentwicklung. So berichtet Stratasys, dass 3E Elektro Optik Sistemler San. ve Tic. A.Ş., ein türkischer Spezialist für elektro-optische Komponenten, haltbare Materialien wie Somos WeatherX einsetzt, um seine neuesten Modelle im Einsatz zu testen. »

Pratt & Whitney und GKN Aerospace arbeiten an einem 3D-gedruckten Gehäuse für das F135-Triebwerk der F-35 Lightning II. GKN Aerospace wird den Demonstrator in Originalgröße in Norwegen im »Laser-Directed Energy Deposition«-Verfahren herstellen.

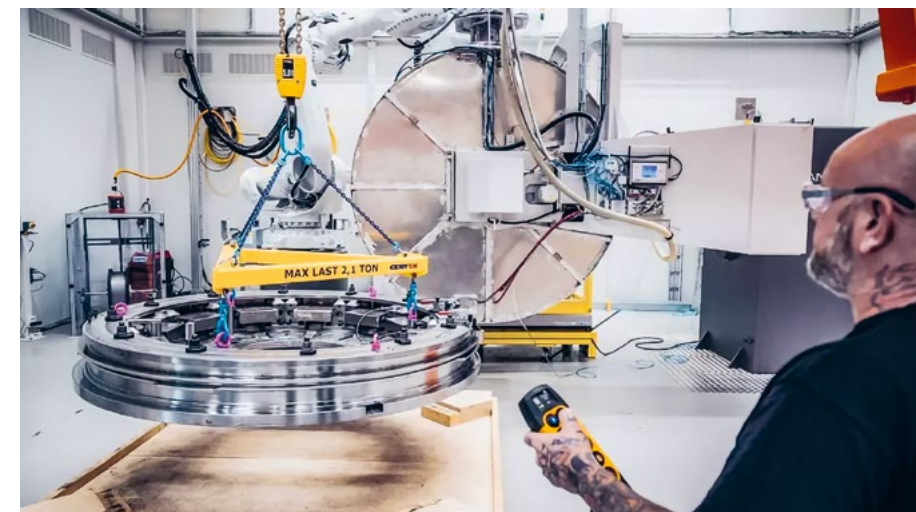


Foto links:
Eine xCell im Einsatz
bei einer Übung auf
dem McMillan Airfield.
Foto rechts:
Elmet Technologies
will künftig große
Wärmetauscher für
Hyperschallraketen
3D-drucken.



DROHNEN

Im Bereich der Drohnen spielt AM inzwischen eine entscheidende Rolle, insbesondere die Körper kleinerer Quadroptopter oder Halterungen und Strukturbau- teile werden oftmals 3D-gedruckt. Hierbei ist der Bedarf enorm – die Ukraine plant für 2026 mit 19.000 Drohnen pro Tag (Aufklärungs-, Kampf- und FPV-Kamikaze- Drohnen), was einen entscheidenden Bei- trag zur Verteidigungsfähigkeit des Landes leistet. Diese werden teilweise in Print- farmen (oftmals an geheimen Orten), teilweise auf Desktopdruckern hergestellt und häufig innerhalb kurzer Zeit weiter- entwickelt.

Dieser große Bedarf bietet nicht nur Herstellern von Druckern und Material, sondern auch Anbietern im Bereich Post- processing interessante Möglichkeiten. So berichtet Dyemansion, welchen Mehr- wert die Nachbearbeitung zum Beispiel durch chemisches Glätten bei UAVs schafft: Das reicht von erhöhter Festigkeit und Langlebigkeit über eine bessere Umweltresistenz und Aerodynamik bis hin zu einem professionelleren Erschei- nungsbild.

RAKETEN

Raketen gehören derzeit wohl zu den am dringendsten nachgefragten Militär- gütern, insbesondere »Interceptors« der Patriot-Systeme, die u. a. von der Ukraine eingesetzt wurden, um russische ballisti- sche Raketen abzuwehren. Die Bestände sind sehr ausgedünnt, während die Her- steller versuchen, ihre Produktion hochzu-

fahren, was aber aufgrund der komplexen Systeme, die zudem höchste Präzision erfordern, alles andere als einfach ist. Dass AM bei zahlreichen Raketenbautei- len und Triebwerken erfolgreich einge- setzt werden kann, ist bereits seit Jahren durch den Einsatz im zivilen Bereich bewiesen. Dementsprechend setzen mili- tärliche Raketenhersteller auf die Addi- tive Fertigung, um die Entwicklung und Produktion zu beschleunigen.

Auch MBDA, ein europäisches Rüs- tungsunternehmen im gemeinsamen Besitz von Airbus, BAE Systems und Leonardo, nutzt seit mehr als zehn Jahren die Additive Fertigung. Im Oktober 2025 vermeldete MBDA, dass für die nächste Generation einer Rakete ein Struktur- bauteil gedruckt wurde, das das Wärme- management deutlich verbessert. Durch eine Doppelhautstruktur sei der Tempera- turanstieg um bis zu 70 Prozent verrin- gert worden. MBDA hatte mehr als 50 Prototypen produziert und umfangrei- chen Tests unterzogen, um Ermüdungs- beständigkeit, thermomechanische Stabilität und Feuerleistung zu validieren. Zu den neuesten Entwicklungen von MBDA gehört der Mini-Marschflugkörper Spear, der ab 2027 ausgeliefert werden soll.

Elmet Technologies will auf seiner Metall-3D-Druckanlage DMP Flex 350 Triple von 3D Systems (PBF-LB) künftig große Wärmetauscher für Hyperschall- raketen herstellen. Elmet plant, die Anlage unter Verwendung der Niob-basierten Hochleistungslegierung C103 zu qualifi-

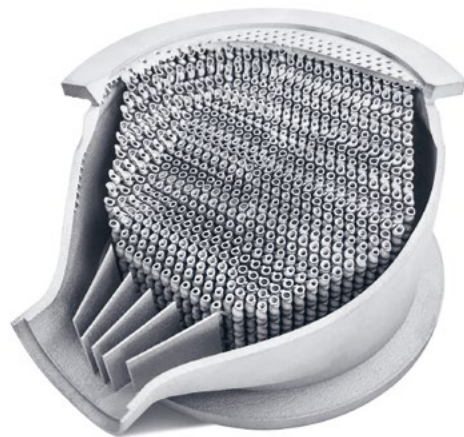
zieren und zu zertifizieren, bevor im Laufe des Jahres 2026 die Serienproduktion beginnen soll. Hyperschallraketen fliegen mit mehr als fünffacher Schallgeschwin- digkeit (rund 6.000 km/h), was zu extre- men Belastungen und hohen Temperaturen an der Rakete (allein durch die Luftrei- bung) führt.

Auch beim Antrieb selbst eröffnet AM neue Möglichkeiten: Firehawk Aerospace hat Festtreibstoff für Raketenmotoren der Javelin- und Stinger-Klasse additiv gefe- rtigt und in Flugtests erprobt. Der Vorteil dabei: eine kürzere Produktionszeit kom- biniert mit der Möglichkeit, durch die Geometrie des Treibstoffs die Schubcha- rakteristik zu beeinflussen.

LANDSTREITKRÄFTE

Gerade im Bereich größerer Militär- systeme wie Panzer oder gepanzerter Truppentransporter gibt es zahlreiche Projekte, die ausloten, wie sich AM am besten für die Beschaffung von Ersatz- teilen nutzen lässt. Aufgrund der oftmals recht geringen Stückzahl diese Systeme (im industriellen Maßstab) und der langen Lebensdauer bietet AM hier deutliche Vorteile gegenüber herkömmlichen Ferti- gungsverfahren. Einen genaueren Einblick dazu liefern die exklusiven Beiträge auf den nächsten Seiten zu Rheinmetall UK und zu Novaindef aus Spanien.

+ MEHR INFOS UNTER:
» formnext.com/fonmag



Text: Thomas Masuch

BAUTEIL-ENGPÄSSE BEI ALTERNDEN VERTEIDIGUNGS- SYSTEMEN BESEITIGEN

Die vielseitigen Einsatzmöglichkeiten von AM im Verteidigungssektor zeigen sich am jungen spanischen Unternehmen Novaindef. Das 2024 gegründete Unternehmen mit Sitz im südspanischen Linares liefert alte und nicht mehr verfügbare Ersatzteile an die spanischen Streitkräfte und andere militärische Akteure. Zudem entwickelt Novaindef in enger Zusammenarbeit mit Verteidigungs-OEMs auch die Produktionskapazitäten für künftige militärische Herausforderungen.

Novaindef gehört zur spanischen Sicnova Group und wurden ge- gründet, um die mehr als zehn- jährige Zusammenarbeit im Bereich Addi- tive Manufacturing mit dem spanischen Verteidigungsministerium in einem Unter- nehmen zu bündeln und weiterzuentwickeln. Novaindef verfügt über umfangrei- che industrielle Fertigungskapazitäten am Hauptsitz in Linares. Dort stehen unter anderem mehr als 30 AM-Systeme für Metall von verschiedenen Herstellern (PDF und DED) sowie für Polymer- und Verbundwerkstoffe zur Verfügung. Ergänzt werden diese durch verschiedene CNC-Bearbeitungszentren, Einrichtungen für moderne Prüfverfahren wie Röntgen- prüfung und Computertomografie und Anlagen zur Nachbearbeitung, Wärmebe- handlung und Oberflächenveredelung.

Trotz der umfangreichen AM-Kapazi- täten sieht Fernando Lasagni, CTO von Novaindef, den 3D-Druck nicht als iso- lierte Technologie und hebt den Begriff »Advanced Manufacturing« hervor. »Unser Ziel ist nicht, eine bestimmte Technologie einzusetzen, sondern für jede Herausforderung die geeignetste Fertigungslösung zu finden.«

Daneben sieht die Kooperation mit dem spanischen Verteidigungsministerium vor, ein Netzwerk von Advanced-Manu- facturing-Zentren innerhalb der Streitkräfte

aufzubauen. Dazu gehören die drei CES- FARE-Zentren (Centres for Manufacturing and Repair) für die Luftwaffe in Albacete, das Heer in Córdoba und die Marine in Rota. Ergänzt wird das Netzwerk durch das CEDAEC (Centre for the Development and Certification of Defence Applications) in Linares.

»Neben den umfangreichen Fertigungs- kapazitäten bieten diese Zentren auch ein vollständiges Ökosystem für Entwicklung, Qualifizierung, Design, Prüfung und Zer- tifizierung. Dazu gehören Schulungen, Technologietransfer, digitale Lager sowie die Möglichkeit zur Validierung von Mate- rialien, Prozessen und Bauteilen«, erklärt Lasagni.

ERSATZTEILE FÜR JAHRZEHNTEALTE SYSTEME

Die Entwicklung von Novaindef ist eng mit der Geschichte der Sicnova Group verbunden. Das Unternehmen mit Hauptsitz im spanischen Linares wurde 2007 gegründet und startete zunächst als Händler von 3D-Druckern. Inzwischen bietet Sicnova Engineering-Lösungen, Fertigungsdienstleistungen und industrielle AM-Technologien an.

Eines der wichtigsten Geschäftsfelder sieht Lasagni in der Ersatzteilversorgung, denn militärische Plattformen bleiben oft mehrere Jahrzehnte im Einsatz, während »



Fernando Lasagni,
CTO von Novaindef:
»3D-Druck nicht als
isolierte Technologie
betrachten.«

Fotos: Novaindef

Zulieferer, Produktionslinien oder manchmal sogar Hersteller verschwinden. Im Rahmen der Zusammenarbeit mit dem spanischen Verteidigungsministerium werden deshalb veraltete Bauteile identifiziert, digitalisiert, gegebenenfalls neu konstruiert und anschließend gefertigt.

Neben den klassischen Vorteilen einer On-Demand-Produktion mit einem digitalen Lager sieht die Kooperation mit dem spanischen Verteidigungsministerium auch den Aufbau moderner Produktionskapazitäten vor. »In Kriegszeiten braucht man die Fähigkeit, schnell und umfangreich zu produzieren«, erklärt Lasagni.

Konkrete Anwendungen nennt Novaindef aus Sicherheitsgründen nicht. Lasagni erklärt jedoch: »Oft ersetzen wir Bauteile, die ursprünglich gegossen wurden und deren Qualitätslevel niedriger als bei anderen Produktionsmethoden ist. Hier verbessern wir mit AM zudem die Struktur und die Qualität. Das ist ein dreifacher Gewinn.«

MOBILE FABRIKEN FÜR DEN EINSATZ

Ein weiterer Schwerpunkt liegt auf mobilen Fertigungslösungen. Gemeinsam mit dem spanischen Verteidigungsministerium und unter Führung der spanischen Luftwaffe entwickelte Novaindef das System FAMU (Forward Advanced Manufacturing Unit), das während der Mission Pacific Skies 2024 in Alaska eingesetzt wurde. Dabei handelt es sich um einen Container, der verschiedene Technologien beherbergt, um Ersatzteile dort zu produzieren, wo sie gebraucht werden: ein DED-AM-System, eine 5-Achs-Bearbei-

tungsmaschine, Wärmebehandlungsmöglichkeiten sowie Prüf- und Qualitätssicherungssysteme.

Trotz der zunehmenden Bedeutung von Advanced Manufacturing warnt Lasagni davor, den Einsatz der Technologie zu vereinfachen. Gerade im Verteidigungsbereich seien Prüfungen, Zertifizierungen und reproduzierbare Prozesse entscheidend. »Die Einführung der Additiven Fertigung muss immer von robusten Inspektions-, Test- und Zertifizierungsprozessen begleitet werden, je nachdem, wie kritisch das Bauteil ist.«

SPANIEN ALS VORREITER

Dass sich ein solches Advanced Manufacturing-Ökosystem, mit dem Spanien international eine Vorreiterrolle einnimmt, gerade auf der Iberischen Halbinsel entwickelt hat, liegt für Lasagni an der Kombination aus einer gezielten Strategie und technischem Know-how im Ministerium sowie den nationalen Rahmenbedingungen. »Das Ingenieurkorps der spanischen Streitkräfte arbeitet seit vielen Jahren mit fortschrittlichen Fertigungstechnologien, was entscheidend dabei geholfen hat, diese Strategie umzusetzen«, sagt Lasagni. Gleichzeitig seien effiziente Regularien entscheidend. »In manchen Ländern sind Bürokratie und Reglementierung ein echter Killer für Innovationen.«

+ MEHR INFOS UNTER:

- » formnext.com/fonmag
- » novaindef.com

In Kooperation mit dem spanischen Verteidigungsministerium baut Novaindef ein Netzwerk von Advanced-Manufacturing-Zentren innerhalb der Streitkräfte auf. Dieses wird ergänzt durch das CEDAEC (Centre for the Development and Certification of Defence Applications) im spanischen Linares, am Hauptsitz von Novaindef.



DENKBARRIEREN BESEITIGEN

Das Additive Manufacturing Defence Network (AMDefNet) setzt sich dafür ein, dass die AM im europäischen Sicherheits- und Verteidigungsbereich stärker als strategische Technologie verstanden und eingesetzt wird. Das europäische Netzwerk, das sich im Februar 2026 in Frankfurt am Main konstituiert hat, zählt derzeit 50 Mitglieder und versteht sich als »Gesicht und Stimme« der Additiven Fertigung im Bereich Security und Defence. Sein Ziel ist es, die Zusammenarbeit und den Wissensaustausch zwischen Industrie, Forschung, Streitkräften, Institutionen und weiteren Akteuren zu fördern und langfristig zu einer europäischen AM-Strategie beizutragen.

»Eine AM-Strategie muss zum Ziel haben, die AM-Technologie in all jenen Feldern zu fördern und zu unterstützen, die für Europas industrielle Autonomie und Unabhängigkeit relevant sind«, erklärt Martin Huber, Mitinitiator und Vorsitzender des AMDefNet. Eine zentrale Aufgabe sieht Huber auch darin, Denkbarrieren abzubauen – sowohl auf Ebene der öffentlichen Hand als auch in der produzierenden Industrie, die teilweise »lieber auf altbekannte Herstellungsmethoden setzt«. Damit verbindet AMDefNet den technologischen mit einem strategischen Anspruch: Additive Manufacturing soll nicht nur als weitere Fertigungsmethode betrachtet werden, sondern als Baustein für dezentrale und bedarfsgerechte Produktion, resiliente Lieferketten und Europas technologische Souveränität.

Weitere Insights bietet der Formnext Defence Summit am 17.11.2026, der zusammen mit dem AMDefNet veranstaltet wird.

+ MEHR INFOS UNTER:

- » amdefnet.eu
- » formnext.com/defencesummit

Text: Thomas Masuch

ENORME CHANCEN, ABER KEIN HYPE

Bei Rheinmetall UK steht die Additive Fertigung schon seit vielen Jahren auf der Agenda, und inzwischen finden die 3D-gedruckten Teile auch den Weg in die Militärtechnik des Unternehmens. Neben einer steigenden Anzahl von Metallteilen werden zum Beispiel die Luftkanäle für das klimatisierte Belüftungssystem der Besatzung des aktuellen Challenger-3-Panzers additiv gefertigt, was unter anderem die Entwicklung vereinfacht.



Auch im aktuellen Challenger 3 kommen 3D-gedruckte Komponenten zum Einsatz.

Dabei ist das Potenzial von AM auch bei der Herstellung größerer Fahrzeuge und Panzer enorm. Julian Wright, Technology Programmes Manager bei Rheinmetall BAE Systems Land (RBSL), einer Tochter von Rheinmetall UK, erinnert sich an eine Studie aus dem Jahr 2014, laut der theoretisch rund 30 bis 40 Prozent der Bauteile eines Panzers aus dem 3D-Drucker stammen könnten. »Und inzwischen hat sich die Technologie ja enorm weiterentwickelt.«

Für Wright ist das aber noch lange kein Grund, in übermäßige AM-Hysterie zu verfallen, denn trotz der vielen Vorteile, die der 3D-Druck einem Verteidigungsunternehmen wie Rheinmetall UK bietet, kennt Wright auch die zahlreichen Herausforderungen, »die eine schnelle Verbreitung der Technologie bremsen«. Trotzdem ist AM auch für Rheinmetall ein

wichtiger Baustein, u. a. für die Entwicklung und die Produktion moderner Militärtechnik sowie bei der Ersatzteilversorgung.

CHANCEN VON AM

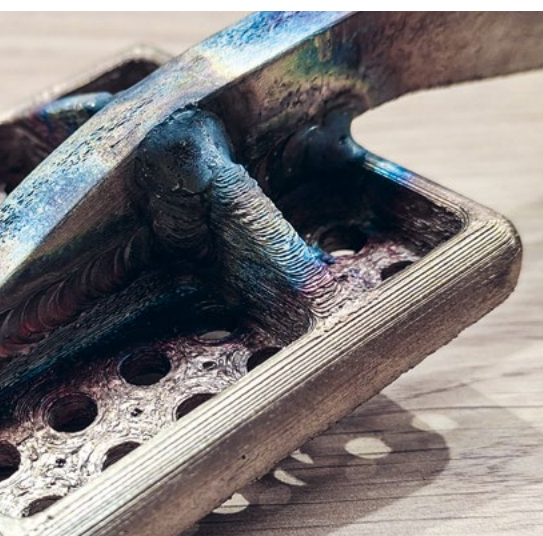
Die wichtigsten Verteidigungsprojekte von Rheinmetall UK konzentrieren sich auf die Modernisierung der britischen Streitkräfte. Dazu zählen das Challenger-3-Programm, bei dem 148 Challenger-2-Kampfpanzer zum neuen Challenger 3 modernisiert werden. Das Programm mit einem Auftragswert von über 900 Mio. EUR sieht die Entwicklung, Fertigung und Endmontage in Telford vor.

Daneben fertigt Rheinmetall UK gemeinsam mit KNDS UK mehrere Hundert gepanzerte Truppentransporter des Typs Boxer 8x8. Darüber hinaus kümmert sich RBSL auch um die Instandhaltung und Ersatzteilversorgung und ist in das

künftige LIOS-Programm (Land Integrated Operating Service) des britischen Verteidigungsministeriums eingebunden.

Die im Vergleich zu vielen anderen Branchen relativ geringen Stückzahlen bei Militärfahrzeugen sind oft ein Vorteil für die Additive Fertigung. »So kann es beispielsweise wirtschaftlich sinnvoll sein, teure Werkzeuge überflüssig zu machen und durch bedarfsgerechte Produktion Mindestbestellmengen zu umgehen. Das reduziert Lagerbestände und Lagerbedarf und wirkt sich positiv auf den Cashflow des Unternehmens aus«, erklärt Wright. Darüber hinaus kann AM die Produktentwicklung beschleunigen und manche Bauteile zusammenführen, indem mehrteilige komplexe Baugruppen durch ein einziges Bauteil ersetzt werden. »Das ist jedoch nicht immer der Fall, sondern hängt von der Anwendung und dem

Fotos: RBSL



Der Prototyp eines Bremspedals für einen Land Rover. Dieser wurde in vier Segmenten mittels Metal Paste Deposition aus 17-4PH-Edelstahl gedruckt und anschließend mittels WIG-Schweißen zusammengefügt, um Produktionskosten und Fertigungszeit zu optimieren.

gewählten AM-Fertigungsverfahren ab«, erklärt Wright. »Bei den Polymerkanälen für den Challenger 3 haben wir die Teile beispielsweise in mehrere Abschnitte unterteilt und die Gesamtzahl sogar erhöht. Das war aber sinnvoll, weil es die Menge an Stützstrukturen minimiert, was am Ende die Produktivität steigerte und Kosten senkte.«

Wright sieht zudem großes Potenzial bei Kunststoffen. Wenn man damit Metallkomponenten ersetzt, lassen sich sowohl das Fahrzeuggewicht als auch die Herstellungskosten senken. »Beispielsweise zeigen wir im Rahmen des Projekts ›Tampa‹ von Rheinmetall UK, wie wir Stahlteile durch Kunststoff ersetzen und dabei 80 bis 90 Prozent der Masse einsparen können, ohne an Funktionalität einzubüßen«, erklärt Wright. »Dies erfordert jedoch auch ein Umdenken«, sagt er. »Viele Komponenten in Militärfahrzeugen

wurden traditionell aus Stahl oder Aluminium gefertigt, unter anderem weil geringe Produktionsmengen die Kosten für Spritzgusswerkzeuge selten rechtfertigen. Gleichzeitig herrscht nach wie vor die weitverbreitete Auffassung, dass Polymere einfach nicht fest genug sind.«

Ein weiteres großes mögliches Einsatzfeld von AM bei großen Militärfahrzeugen ist die Ersatzteilversorgung und die schnellere Verfügbarkeit von Komponenten. Weil die Fahrzeuge in der Regel Jahrzehnte im Einsatz sind, müssen die Ersatzteile entsprechend lang zur Verfügung stehen. »Die Herausforderung dabei ist, dass diese veralteten Komponenten nicht für die Additive Fertigung konstruiert und zertifiziert wurden«, so Wright. »Die Erstellung zertifizierter digitaler Bestände ist eine der wichtigsten Aufgaben, die noch vor uns liegt.«

Der lange Lebenszyklus insbesondere von gepanzerten Landfahrzeugen wirft noch eine weitere Frage beim 3D-Druck von Kunststoffteilen auf. Im Panzer ist die Haltbarkeit sehr wichtig, erklärt Wright. »Und bei den AM-Materialien gibt es oftmals keine Daten, wie diese sich nach mehreren Jahren unter verschiedenen militärischen Bedingungen verhalten.«

BESCHAFFUNG DER TEILE

Rheinmetall UK hat eine eigene AM-Fertigung aufgebaut, gleichzeitig bezieht das Unternehmen auch Bauteile von Dienstleistern, insbesondere wenn die eigenen Kapazitäten nicht ausreichen oder wenn Verfahren verwendet werden, über die RBSL nicht verfügt. Wo es wirtschaftlich Sinn ergibt, versucht Wright mit seinem Team so viel wie möglich selbst zu drucken. »Das hat zahlreiche Vorteile – insbesondere sind wir so agiler und können auch mehr dazulernen.« Das größere Know-how seiner Teams im Bereich Additive Manufacturing sorgt auch dafür, dass immer mehr über den Einsatz von AM für Fertigteile nachgedacht wird.

Gleichzeitig warnt Wright auch davor, die Möglichkeiten der Additiven Fertigung zu überschätzen bzw. sich den 3D-Druck zu einfach vorzustellen. »Man muss in der Regel den gesamten Fertigungszyklus betrachten, und da ist der Druck nur ein Baustein. Eine zu starke Vereinfachung hilft der Additiven Fertigung nicht weiter.«

Wright und sein Team verfügen nun über eigene AM-Anlagen für Hochtemperatur-Polymere und Metalle, was auch wirtschaftlich eine bessere Rendite abwerfen soll. Mit der Metal-Paste-Deposition-Technologie von Rapidia Inc. ist RBSL Vorreiter in Großbritannien, und Wright ist von diesem Ansatz mehr als überzeugt. »Das Verfahren ist sehr kostengünstig, Bauteile können damit preiswerter produziert werden als mit bestehenden Fertigungsmethoden. Die Integration in den Betrieb ist unbedenklich, da im Prozess kein loses Pulver anfällt und auch keine aufwendige Nachbearbeitung erforderlich ist – Stützstrukturen lassen sich beispielsweise von Hand entfernen.« Die kompakte Bauweise und Mobilität der Geräte soll sich zudem für die Herstellung von Ersatzteilen direkt am Einsatzort eignen. »Wir gehen davon aus, dass die Systeme näher an der Front positioniert werden könnten, als dies derzeit bei anderen Metall-AM-Systemen vorgesehen ist. Außerdem wird damit eine Herausforderung für militärische Anwender gelöst, da für den Einsatz der Geräte kein Fachpersonal erforderlich ist, was es uns ermöglicht, diese Kapazitäten über das gesamte Schlachtfeld zu verteilen.«

EIN BLICK IN DIE ZUKUNFT

Während im aktuellen Challenger-3-Programm schon einige AM-Komponenten eingesetzt werden, erwartet Wright bei künftigen Fahrzeug-Upgrades und bei der nächsten Panzergeneration eine deutlich größere Zahl an AM-Bauteilen. Seiner Ansicht nach wird AM entscheidend dazu beitragen, Fahrzeuge leichter zu machen sowie zugleich Entwicklungskosten und -zeiten zu senken. »Darüber hinaus wird die Technologie die Art und Weise verändern, wie wir Fahrzeuge reparieren, da Teile bedarfsgerecht hergestellt werden können. Dadurch wird die Einsatzbereitschaft erhöht.«

+ MEHR INFOS UNTER:

- » formnext.com/fonmag
- » rbsl.com

Die University of Nottingham zählt zu den führenden Universitäten Europas für Additive Manufacturing und industrielle 3D-Druck-Technologien.

FORSCHUNG SOLL INDUSTRIE BEFRUCHTEN

Großbritannien ist das Partnerland der Formnext 2026 und wird sich mit zahlreichen innovativen Ausstellern präsentieren sowie wichtige Impulse im Rahmenprogramm setzen. Das Vereinigte Königreich bringt viele Voraussetzungen mit, um (wieder) eine führende Nation im Bereich Additive Manufacturing (AM) zu werden. Seine Universitäten, Forschungszentren und Hersteller bilden eine starke Basis aus akademischer und technischer Expertise und halten einen bedeutenden Anteil am weltweiten geistigen Eigentum im Bereich der AM-Technologien. Die Herausforderung für Großbritannien besteht darin, diese Forschungsleistungen in Produkte, Produktionskapazitäten und profitable Unternehmen zu überführen.



Der globale AM-Markt hatte 2024 ein Volumen von etwa 21,9 Milliarden US-Dollar (Quelle: Wohlers Report 2025). Der britische Markt wird auf 650 bis 940 Millionen US-Dollar geschätzt, was einem Anteil von 3,0 bis 4,3 Prozent entspricht. Vor rund zehn Jahren war dieser Anteil deutlich höher und betrug 2015 rund 6,9 Prozent. Das deutet darauf hin, dass andere Länder ihre Fähigkeiten schneller aufgebaut und erweitert haben.

Britische Unternehmen hatten in den vergangenen Jahren generell mit einem schwierigen wirtschaftlichen Umfeld zu kämpfen: Hohe Inflation und Energiepreise, steigende Zinsen, dazu ein begrenzter Zugang zu Fachkräften sowie Unsicherheiten hinsichtlich der Lieferketten und der Handelsbeziehungen zur EU infolge des Brexits haben für Unsicherheit gesorgt. Dies hat wiederum die Investitionsbereitschaft zusätzlich gebremst, wobei insbesondere AM-Anlagenhersteller von schwierigen Marktbedingungen berichten. Anfang 2026 gab es erste Anzeichen einer Erholung. Damit Großbritannien seine frühere Position im weltweiten AM-Markt wieder erreichen kann, braucht es langfristige Anstrengungen, Investitionen und eine klarere Verbindung zwischen Forschung und industrieller Anwendung.

Trotz des schwierigen wirtschaftlichen Umfelds bleibt die Forschung eine der größten Stärken des Landes. Großbritannien belegt weltweit den vierten Platz bei den Patentanmeldungen im Bereich AM mit einem Anteil von rund 4 Prozent. Allerdings hat sich die Innovations-Pipeline abgeschwächt. Die öffentliche Forschungs- und Entwicklungsförderung für Additive Manufacturing sank im letzten vergleichbaren 12-Monats-Zeitraum von 81 Millionen auf 17 Millionen Pfund.

Diese Kürzungen erfolgen zu einer Zeit, in der Länder wie die USA oder China den industriellen Einsatz der Technologie im Rahmen umfassenderer Fertigungsstrategien gezielt fördern. Derzeit nutzen 17 Prozent der britischen Unternehmen AM. Für viele kleinere Unternehmen liegen die Hürden in den anfänglichen Investitionskosten, der Unsicherheit hinsichtlich des wirtschaftlichen Nutzens und im fehlenden internen Know-how. Unternehmen haben zudem Schwierigkeiten, Bauteile zu qualifizieren, geeignete technische Unterstützung zu finden oder eine Finanzierung für die späteren Entwicklungs- und Implementierungsphasen zu erhalten.

Eine stärkere industrielle Nutzung von AM ist insbesondere deshalb wichtig, weil AM gerade in Branchen, in denen Großbri-

tannien bereits stark ist, eine wichtige Rolle spielt: Luft- und Raumfahrt, Verteidigung, Automobilindustrie, Gesundheitswesen, Energie und spezialisierter Maschinenbau. Diese Branchen profitieren von Bauteilen, die leichter sind, individuell optimiert werden und auch in kleinen Stückzahlen wirtschaftlich gefertigt werden können. Aus dem Verteidigungssektor ist dabei die Nachfrage stark gestiegen. Zudem kann die lokale Produktion helfen, die Abhängigkeit von empfindlichen internationalen Lieferketten zu reduzieren.

Die nächste Entwicklungsphase von AM sollte sich in Großbritannien auf eine stärkere Industrialisierung konzentrieren: Prototypen und Technologien aus Forschungsprojekten in qualifizierte, wiederholbare Produktionsprozesse zu überführen. Additive Manufacturing UK (AMUK) hat fünf zentrale Handlungsfelder identifiziert: Kommerzialisierung und geistiges Eigentum, Einführung und Skalierung der Technologie, Widerstandsfähigkeit der Lieferketten, Exportförderung sowie Qualifizierung und Fachkräfteentwicklung. Zu den vorgeschlagenen Maßnahmen gehören eine bessere Unterstützung für Entwicklungsprojekte auf den Technologie-Reifegraden (Technology Readiness Levels, TRL) 6 bis 8, unkomplizierte Förderprogramme für erste industrielle Tests und ein leichter Zugang zu den Kompetenzen der britischen »Catapult Centres«. Außerdem sollen Unternehmen, die ihre Innovationen kommerzialisieren wollen, dabei unterstützt werden, diese besser zu schützen.

Das wirtschaftliche Potenzial ist beträchtlich. Wenn Großbritannien erneut einen weltweiten Marktanteil von rund 7 Prozent erreichen könnte, könnte der britische AM-Markt bis 2030 ein Volumen von fast 6 Milliarden US-Dollar erzielen. Der entscheidende Faktor dürfte dabei weniger darin liegen, die Technologie selbst zu beweisen, als vielmehr Hersteller dabei zu unterstützen, sie im industriellen Maßstab einzusetzen.

Additive Manufacturing UK (AMUK)
auf der Formnext 2026:
Halle 12.0, Stand F139

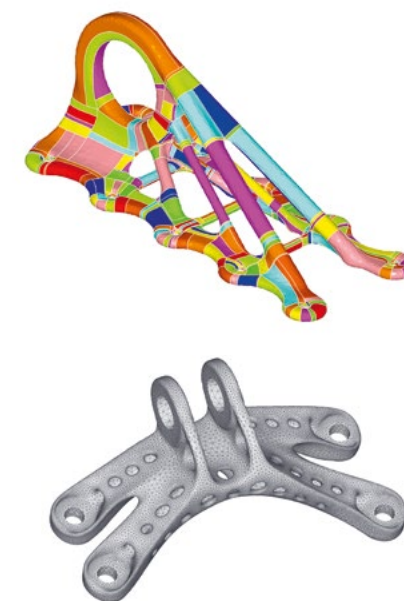
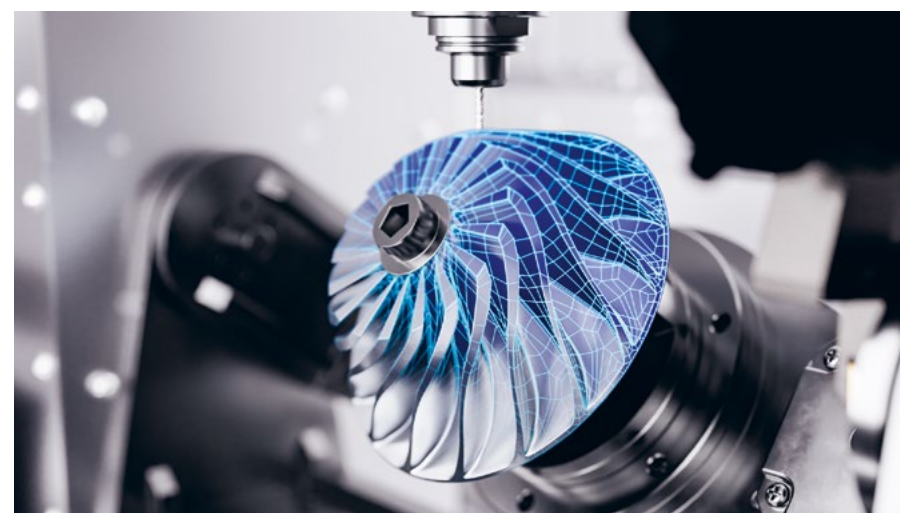
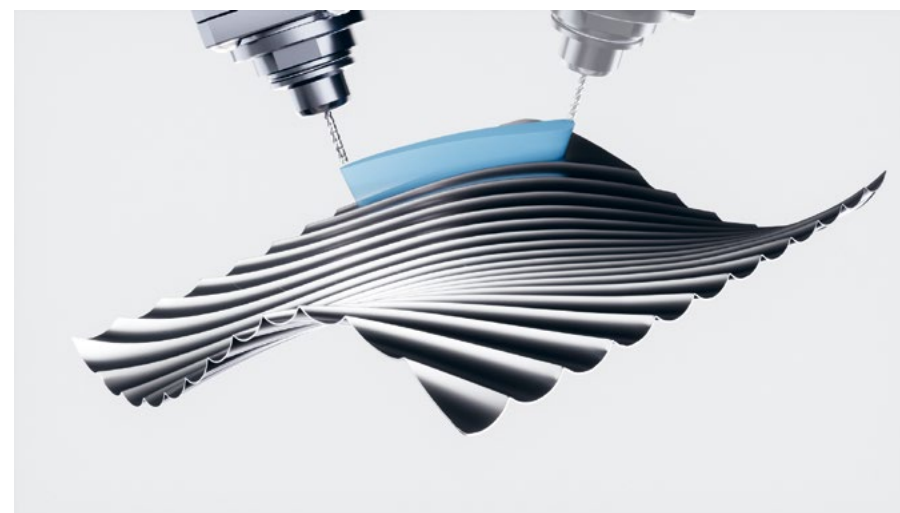
Joshua Dugdale, Head of Technology & Skills bei der Manufacturing Technologies Association, dem britischen Branchenverband für Fertigungsunternehmen.



Text: Joshua Dugdale

Foto S.23: iStock/Ruben Minjaauw, Foto: AMUK

30 JAHRZEHNTE ERFAHRUNG MIT »SOFTWARE-ENGINES«



Die Bibliotheken von MachineWorks kommen in verschiedenen Software-Lösungen für additive und subtraktive Fertigungsverfahren zum Einsatz.

MachineWorks Ltd ist ein britisches Softwarehaus, das 1994 gegründet wurde und seinen Sitz in Sheffield hat. 2014 wurde das Unternehmen von der Heidenhain GmbH übernommen, agiert jedoch weiterhin als eigenständige Tochtergesellschaft.

MachineWorks bietet seit seiner Gründung »Komponententechnologie« an, d. h. Software-Bibliotheken, die als »Engines« in Anwendungen anderer Anbieter eingebettet werden sollen: MachineWorks ist eine CNC-Simulations-Engine, die in einer Vielzahl führender CAM-Systeme zum Einsatz kommt, während Polygonica eine Engine für Mesh-Operationen ist.

Die Bibliotheken kommen in verschiedenen Software-Lösungen für additive und subtraktive Fertigungsverfahren zum

Einsatz, darunter Catia von Dassault Systèmes, Fusion von Autodesk, hyperMill von Open Mind sowie führende CAM-Produkte von Hexagon, darunter NCSimul. Polygonica kommt in 3dXpert von Oqton, 3D Sprint von 3D Systems, GrabCAD Print von Stratasys, AM Studio von Hexagon, Ansys Discovery und Ansys SpaceClaim zum Einsatz. Zu den Kunden zählen Hersteller wie Vulcan Forms sowie Dienstleister wie Xometry und Spezialisten für Topologie-Optimierung wie Novineer.

MachineWorks hat kürzlich seine Bibliotheken mit einer zusätzlichen GPU beschleunigt, wodurch sich die Rechenzeit für umfangreiche Simulationen von mehreren zehn Minuten auf mehrere zehn Sekunden verkürzt hat. Neben der

geplanten Integration von GPU-Funktionen in Polygonica arbeitet das Unternehmen an einer neuen Reverse-Engineering-Lösung zur automatischen Konvertierung von Topologie-optimierten Netzmodellen in bearbeitbare parametrische CAD-BREP-Modelle. Die erste Version soll auf der Formnext 2026 vorgestellt werden.

MachineWorks auf der Formnext 2026:
Halle 11.0, Stand C02

Fotos: MachineWorks

TAUSENDE STIFTE FORMEN ALIGNER

Bei der Herstellung von Zahnsparren ist der 3D-Druck so weit verbreitet wie in kaum einer anderen Branche. Bei Retainern und Alignern beginnt der Standardprozess mit einem digitalen Scan des Mundraums. Anschließend wird ein Harzmodell gedruckt, gewaschen und ausgehärtet, sodass es für die Druckformung der Zahnsparre bereit ist. Schätzungen zufolge werden in dieser Branche täglich 1,1 Millionen Harzmodelle produziert.* Der Großteil davon landet später allerdings auf der Mülldeponie.

Der neue Ansatz des britischen Start-ups Fyous nutzt anstelle von Harz Tausende von rekonfigurierbaren Stiften. So entstehen die gleichen thermogeformten Zahnsparren, ohne dass Harz verwendet wird oder Modellabfälle anfallen. Das System heißt Ghost und wird auf der Formnext 2026 weltweit erstmals vorgestellt.

Die von Fyous entwickelte Technologie »PolyMorphic Moulding« steuert digital die Position von Tausenden von Stiften, um innerhalb von Minuten temporäre Formen zu erzeugen. Ghost bringt eine grundlegende Veränderung im bestehenden Arbeitsablauf für zahnmedizinische Vorrichtungen mit sich: Das Drucken, Bearbeiten und Entsorgen des Modells

entfällt. Der Rest bleibt weitgehend unverändert, so Fyous.

Der Prozess beginnt mit einer STL- oder OBJ-Datei, die von der PinPoint-Steuerungssoftware von Fyous verarbeitet wird. Diese wandelt die Datei in F-Code um, der die Stifte dann zu einer Negativversion des Patientenbogens anordnet. Diese dient als temporäres Modell für den anschließenden Druckformungsschritt. Ein handelsüblicher Thermoform-Rohling wie PETG, EVA oder PU wird dann erhitzt und über den Stiften druckgeformt. Anschließend werden die Stifte zurückgesetzt und der Prozess beginnt automatisch mit der nächsten Datei.

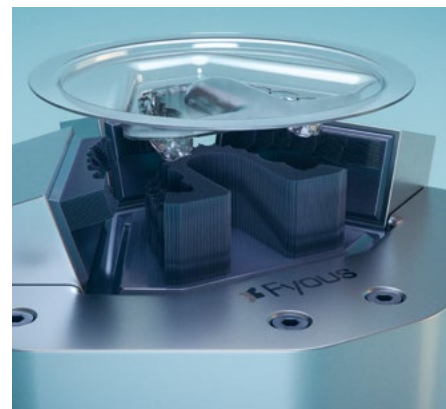
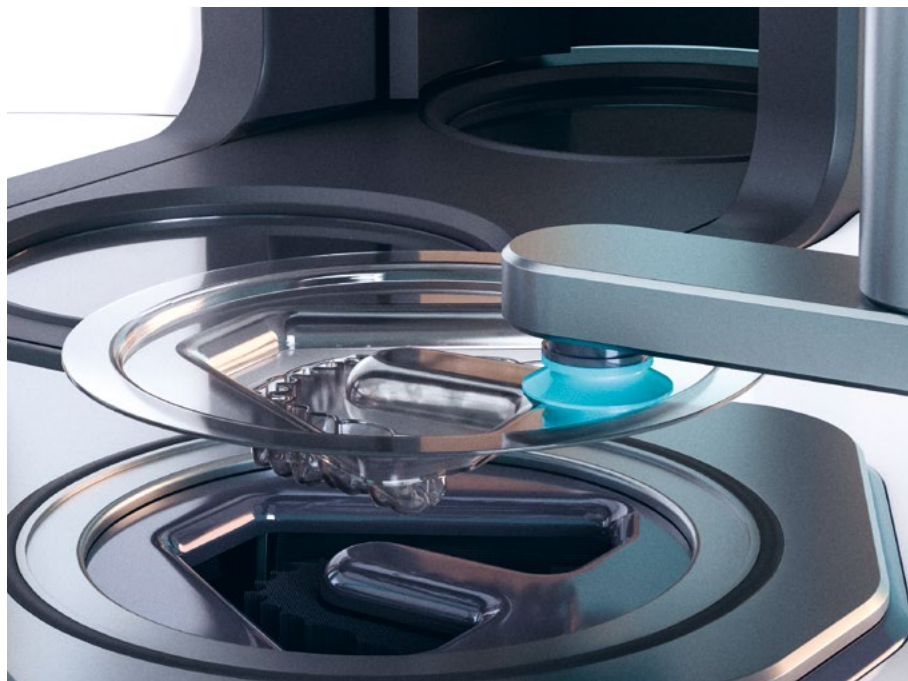
Das mehrachsige Stift-Array besteht aus 20.000 Stiften mit einem Durchmesser von 300 Mikrometern und einer Positionsgenauigkeit von 100 Mikrometern. Dadurch entstehen Schienen, deren Maßhaltigkeit derjenigen von Schienen entspricht, die über einem 3D-gedruckten Modell geformt wurden, oder diese sogar übertrifft, so Fyous. Da kein physisches Modell vorliegt, erfolgt die Qualitätskontrolle digital anhand der Quelldatei. Die gesamte Zykluszeit beträgt etwa 5 Minuten, einschließlich Stiftaufstellung und Formung. Eine einzelne Maschine produziert bis zu 180 Zahnsparren pro Charge,

was einer Jahreskapazität von rund 60.000 Zahnsparren entspricht, wenn Umrüstzeiten und Wartungsarbeiten berücksichtigt werden.

Fyous hat bisher über 3,5 Millionen Pfund an Investitionen eingeworben und wird vom ehemaligen EnvisionTEC-CEO Al Siblani sowie dem Stratasys-Mitbegründer Scott Crump unterstützt. Das Unternehmen hat nach eigenen Angaben Vorbestellungen für Ghost im Wert von 1 Million Pfund erhalten. Josh Shires, CEO und Mitbegründer: »Wir haben sechs Jahre lang an der Forschung und Entwicklung von PolyMorphic Moulding gearbeitet. Ghost ist das Ergebnis dieser Arbeit.«

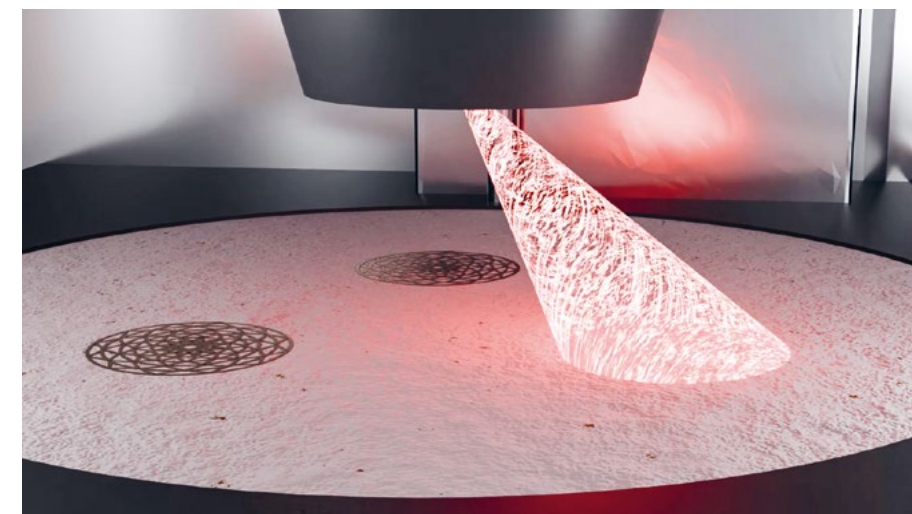
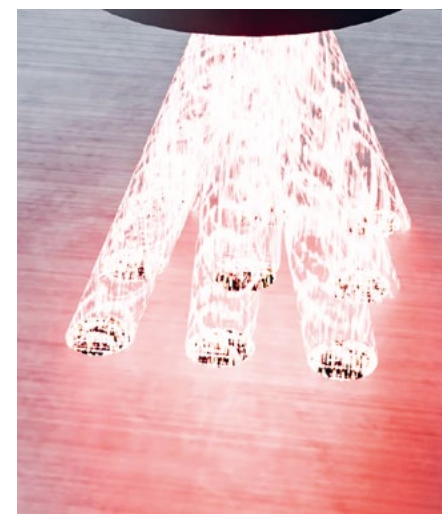
Fyous auf der Formnext 2026:
Halle 11.0, Stand F22

*Geschätzt auf der Grundlage von ~4,5 Millionen jährlich neu begonnenen Fällen mit transparenten Alignern (Straumann, 2021) und einem Median von 47 Aligner-Stufen pro Zahnbogen einschließlich Verfeinerung (Meade et al., Journal of Orthodontics, 2023); abgeglichen mit dem von Align Technology veröffentlichten Fallvolumen für 2025



Fotos: Fyous

Fotos: Santec, NexusAM



PROGRAMMIERBARE STRAHLFORMUNG FÜR METALL-AM

Die Santec Group hat mit dem SLM-310 einen Spatial Light Modulator (SLM) vorgestellt, der programmierbare Strahlformung für industrielle Lasersysteme bis 1 kW ermöglicht. Die Technologie erlaubt es, Laserstrahlgeometrie und Energieverteilung während des Fertigungsprozesses softwaregesteu-

ert anzupassen. Für die metallische AM können neben klassischen Profilen wie Flat-Top- oder Ringstrahlen auch Mehrfachstrahlen und frei definierte Muster erzeugt werden. Erste Tests mit Prototypensystemen zeigen laut Santec eine reduzierte Spritzerbildung, eine geringere Porosität und höhere Verarbeitungsg-

eschwindigkeiten. Der SLM-310 ist als Integrationskomponente für AM-Maschinenhersteller und Lasersystemanbieter konzipiert.

Santec auf der Formnext 2026:
Halle 12.1, Stand G128

EINE ART CT-ERSATZ AUF DER BASIS NEURONALER NETZE

Das 2024 gegründete Londoner Start-up NexusAM will für jedes Metall-AM-Bauteil die jeweilige Qualitätsgeschichte erzählen – in Echtzeit, während des Druckvorgangs. Das Spin-off des Imperial College arbeitet mit Partnern wie Rolls-Royce, BAE Systems und GKN Aerospace zusammen und kombiniert maschinelles Lernen zur Fehlererkennung mit der vertrauten Sprache der statistischen Prozesskontrolle. Ziel ist es, die Bauteilqualifizierung von Monaten auf Wochen zu verkürzen und der serienmäßigen AM-Produktion die Prozesssicherheit zu verleihen, die in der konventionellen Fertigung als selbstverständlich gilt.

Die Nexus-Plattform ist eine Software, die Prozessdaten aus verschiedenen Sensoren – darunter optische und thermische Kameras, Fotodioden, Pyrometer und weitere Sensorsysteme – zusammenführt und mithilfe von speziell auf die physikalischen Prozesse der Addi-

ven Fertigung abgestimmten Machine-Learning-Modellen (ML) auswertet. Das Unternehmen beschreibt seine zum Patent angemeldete Kerntechnologie als eine Art CT-Ersatz auf der Basis neuronaler Netze: Schicht für Schicht werden Multisensordaten und Informationen über den Laserpfad in einem gemeinsamen 3D-Koordinatensystem registriert. Daraus entsteht ein digitaler Zwilling des gedruckten Bauteils, der Lage, geschätzte Größe und die statistische

Sicherheit erkannter Defekte angibt. Im Hintergrund arbeitet ein physikalisch informiertes neuronales Netz (Physics-Informed Neural Network, PINN), das mit mehreren Billionen einzelner Messwerte trainiert wurde. Dazu gehört auch ein Validierungsdatensatz mit mehr als 10.000 gezielt eingebrachten Defekten, der gemäß den ISO-/ASTM-Richtlinien für das Benchmarking von Prüfverfahren in der Additiven Fertigung erstellt wurde.

Die Plattform ist bewusst maschinen- und sensorunabhängig ausgelegt und kann auf verschiedene große LPBF-Anlagenhersteller übertragen werden. Nach einem Jahr mit ersten Tests bei Pilotkunden beginnt NexusAM nun, Beta-Partner zu gewinnen. Der vollständige kommerzielle Start ist für 2027 geplant.

NexusAM auf der Formnext 2026:
Halle 11.0, Stand F121



KLEINE UND GROSSE BAUTEILE FÜR LOKS, WAGGONS UND U-BAHNEN

Das englische Unternehmen DB ESG hat sich auf Engineering für den Eisenbahnsektor spezialisiert und kümmert sich unter anderem um Zertifizierungen und Updates neuer Schnellzüge und Reparaturen älterer Schienenfahrzeuge im britischen Schienennetz oder der Londoner U-Bahn. AM spielt dabei eine immer größere Rolle.

Seine additive Reise startete DB ESG 2018 zusammen mit der Zug-Leasinggesellschaft Angel Trains, die zum einen ihre Züge attraktiver machen und bei älteren Modellen die Lebensdauer verlängern wollte. »Bei einer ganzen Reihe von Ersatzteilen gab es die Formen und Werkzeuge nicht mehr, manchmal war sogar der Hersteller vom Markt verschwunden«, erinnert sich Martin Stevens, der heute als Chief Engineer bei DB ESG arbeitet und seit 25 Jahren in der britischen Eisenbahnindustrie in Derby, dem britischen Eisenbahnzentrum, tätig ist. Die Lösung war dann in der Regel das Reverse Engineering der zu reparierenden Bauteile: scannen, in druckbare Daten umwandeln und 3D-drucken.

DB ESG ist eine 1995 gegründete Engineering-Firma, die sich auf Schienenfahrzeuge spezialisiert hat, 2007 von der Deutschen Bahn übernommen wurde und heute 65 Beschäftigte zählt. Das Unternehmen hilft unter anderem OEMs bei der Qualitätskontrolle der Züge sowie bei der Zulassung und Zertifizierung. Außerdem versorgt DB ESG Züge im Betrieb mit Ersatzteilen oder passt neue Züge den individuellen Wünschen der Betreiber an. Insbesondere umfangreiche Anpassungen sind eines der wichtigsten Geschäftsfelder des Unternehmens, ein Beispiel dafür ist die Erneuerung der Untergrundstruktur der Londoner U-Bahnen einschließlich

Design, Engineering und Installation. »Daneben haben wir aber auch Hunderte kleinere Projekte, bei denen es darum geht, kleinere Bauteile zu ersetzen oder hinzuzufügen«, erklärt Stevens.

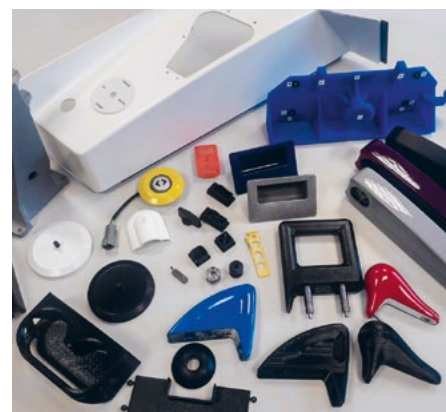
Wie in vielen anderen europäischen Ländern ist auch das britische Eisenbahnsystem von einigen historisch gewachsenen Besonderheiten geprägt: Infolge der Privatisierung, die in der Mitte der 1990er-Jahre stattfand, sind das Schienennetz, die Züge und der Betrieb der Züge jeweils in unterschiedlichen Händen. Die Züge gehören »Rolling Stock Companies« wie Angel Trains, Porterbrook oder Beacon Rail. Bisher wurden die Züge per Leasing an private Betreiberfirmen vermietet, seit 2024 verfolgt die britische Regierung den Plan, den Betrieb schrittweise wieder in eine neue staatliche Gesellschaft, Great British Railways (GBR), zu überführen.

Gleichzeitig hat das britische Modell auch wesentliche Gemeinsamkeiten mit fast allen anderen Bahnsystemen weltweit: »Generell ist die Eisenbahnindustrie eine Branche, die Innovationen recht langsam aufgreift, auch aufgrund hoher Sicherheitsstandards«, so Stevens. »Gleichzeitig gibt es in der Branche wirklich große Projekte – zum Beispiel bei der Beschaffung neuer Züge – mit einem Volumen von 1 Milliarde Euro und mehr. Auch bei 70 neuen Zügen sind die Bauteilchancen fast immer ziemlich klein.« Wenn

dann für so kleine Stückzahlen extra Spritzgussformen hergestellt werden müssen, sei das in der Regel nicht wirtschaftlich. Da komme die Additive Fertigung dann fast automatisch ins Spiel.

Die Bandbreite der von DB ESG 3D-gedruckten Bauteile ist sehr umfangreich und reicht von Schaltern am Fahrerpult über diverse Griffe und Armlehnen sowie Halter bis zum Gehäuse eines Zugtelefons (der Londoner U-Bahn), das optimiert und damit weniger zerbrechlich

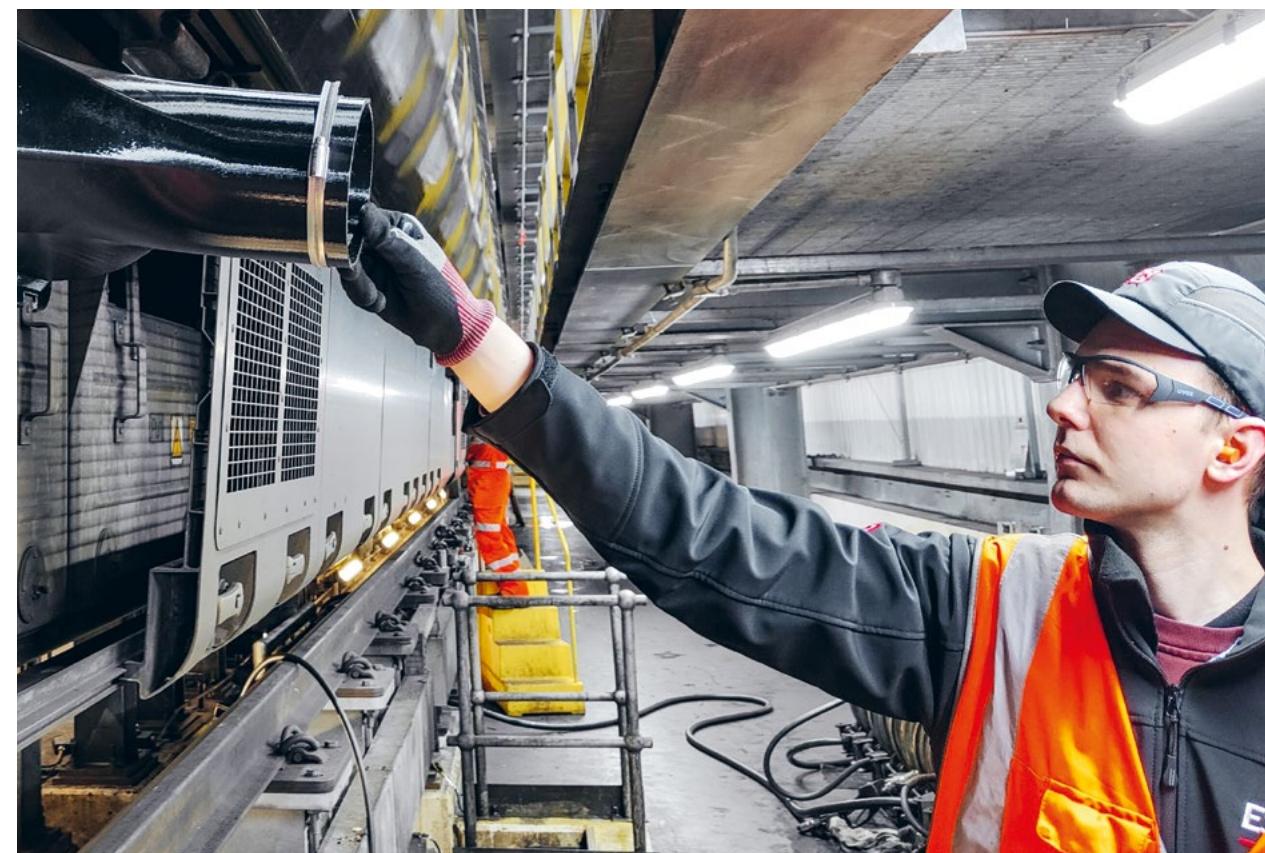
Eine Reihe von Bauteilen, die DB ESG entwickelt und gefertigt hat – einige davon selbst, andere über Zulieferer.



Text: Thomas Masuch

Fotos: DB ESG

Das 3D-gedruckte Werkzeug ermöglicht es dem Instandhaltungspersonal, bestimmte Komponenten direkt am Zug zu reinigen, ohne sie aus dem Fahrzeug ausbauen zu müssen. Das spart jedes Mal mehrere Stunden.



gefertigt wurde. Auch bei neuen Zügen sind oft Anpassungen erforderlich; so war in einer Fahrerkabine eines neuen Zuges bei Sonnenlicht das Leuchten einiger Knöpfe nicht erkennbar – eine individuelle Klappe löste das Problem. Zertifizierung ist bei solchen nicht strukturtragenden Bauteilen oft nicht das große Problem, sofern ein brandschutzhemmendes Material nach Eisenbahnstandards verwendet wird. Anders sieht es bei größeren Metallbauteilen aus – wie zum Beispiel bei einer 22 Kilogramm schweren stählernen Gierdämpferhalterung. Diese wurde mittels Rapid Casting indirekt 3D-gefertigt und dann wieder »klassisch« gegossen. Vorteil dieser Methode: Die neuen Bauteile müssen nicht neu zertifiziert werden. Zudem hat DB ESG zahlreiche Werkzeuge für Reparaturen und beispielsweise auch für die Reinigung entwickelt, die in der Regel die Arbeit erleichtern und Zeit sparen.

Viele der benötigten Bauteile werden im eigenen Maschinenpark aus sechs FFF-Anlagen gefertigt: Prototypen, die meisten Werkzeuge sowie einige End-

Use-Teile. Zudem arbeitet DB ESG mit verschiedenen Dienstleistern zusammen, unter anderem für SLS-Bauteile oder für spezialisierte Metallmaterialien. Die eigenen Drucker laufen laut Stevens 70 Prozent des Tages, was auch zeigt, dass die Additive Fertigung inzwischen einen beträchtlichen Anteil des generellen Teilebedarfs von DB ESG abdeckt und »im Unternehmen inzwischen gut integriert ist. Alle unsere Ingenieure kennen sich mit AM und den Vorteilen der Technologie aus.« Auch im Marketing werden 3D-gedruckte Bauteile gern verwendet, um zu unterstreichen, dass DB ESG »eine der innovativsten britischen Engineering-Firmen im Eisenbahnbereich« ist.

Stevens würde den Einsatzbereich der Additiven Fertigung in seinem Arbeitsbereich gern noch weiter ausdehnen. Die richtigen Anwendungen zu finden, ist allerdings keine einfache Herausforderung, »denn schließlich sind es ja nicht wir, die ein Problem am Zug haben, sondern unsere Kunden und Partner.« Deshalb versucht DB ESG bereits seit vier

Jahren, mit »Lunch-und-Learn-Events« das Wissen um die Vorteile der AM-Technologie auch bei den Beschäftigten seiner Partner zu vergrößern. »Unser Ziel ist es, in jedem Department einen oder zwei begeisterte Champions zu finden, die AM dort vorantreiben.« Dabei hat Stevens die Erfahrung gemacht, dass sich eher die jüngere Generation aus dem Mittelmanagement (Fleet-Performance-Manager und Obsolescence-Manager) für neue Technologien begeistern lässt. Eher seltener sind es die erfahrenen Ingenieure, die schon seit Jahren in ihren Routinen stecken, oder die Topmanager, die einen hohen Druck haben, die Züge schnell auf die Schiene zu bringen. »Denn auch wenn AM viele Vorteile mit sich bringt, muss man am Anfang hin und wieder auch etwas zusätzliche Arbeit investieren.«

+ MEHR INFOS UNTER:
 » formnext.com/fonmag
 » dbesg.deutschebahn.com

ERSATZTEILE STATT DISRUPTIVER PARTYS



Wenn man an die AM-Welt vor etwas mehr als zehn Jahren zurückdenkt, braucht man schon etwas Mühe, um sich zu vergegenwärtigen, dass es die gleiche Branche war. Es gab riesige Produktlaunches mit teils mehr als zehn Neuheiten auf einmal, Live-Bands, die auf 3D-gedruckten Instrumenten spielten, und als Nachtisch wurden 3D-gedruckte Torten serviert. Für Letzteres hatte 3D Systems den ChefJet entwickelt, einen 3D-Drucker für Zucker und Schokolade. Prominenter Gast auf solchen Launchpartys war unter anderem Will.i.am von Black Eyed Peas, der 2014 als Chief Creative Officer bei 3D Systems engagiert wurde. Auch andere berühmte Musiker wie Björk oder Katy Perry schmückten sich auf ihren Konzerten mit 3D-gedruckten Kopfbedeckungen oder Masken (von Stratasys).

Daneben trat der 3D-Druck seinen scheinbaren Siegeszug auch in anderen Branchen an: Häuser, Pizzas, Schuhe und alles Mögliche sollten in nicht allzu ferner Zukunft mehr oder weniger nur noch aus dem 3D-Drucker kommen. 2014 war AM

tatsächlich der »heiße Scheiß« der Technikwelt, Investoren investierten scheinbar ohne kritischen Blick auf die Unternehmenszahlen. Immerhin ging es um Disruption oder kreative Zerstörung. Und irgendwie wollte jeder dabei sein, getrieben von der Furcht, das nächste große Ding nach dem Internet zu verpassen.

Was dann folgte, ist gut bekannt: Die Disruption umzusetzen, war gar nicht so einfach, wenn man sich mit den technischen Details beschäftigte. Die gedruckten Teile waren teils spröde, rau und oft qualitativ zu schlecht und zu teuer. Schöne Torten zu drucken war das eine, mit 3D-Druck Geld zu verdienen etwas ganz anderes.

Und so hat sich die AM-Welt inzwischen grundlegend verändert. Der ChefJet verschwand nach einiger Zeit wieder aus dem Portfolio, genauso wie Will.i.am aus der PR von 3D Systems, und der Aktienkurs der damals größten AM-Unternehmen begab sich nach den Höchstständen 2014 auf eine imposante Talfahrt.

Und woher kommen heute die Nachrichten, die die Tech-Welt bewegen? KI

und Robotik haben nicht nur beim Umsatz, sondern auch beim Unterhaltungswert den 3D-Druck deutlich in den Schatten gestellt. In China batteln sich humanoide Roboter in Schaukämpfen in einer Mixed Martial Arts – man wähnt sich fast in einer neuen Folge von »Terminator«. Vor den Türen patrouillieren KI-gesteuerte Roboter, sorgen scheinbar für Sicherheit. Andere machen Werbung oder erteilen Auskünfte und schießen hin und wieder übers Ziel hinaus: In Macao fühlte sich eine Passantin belästigt – der Roboter Unitree G1 wurde von einem (menschlichen) Polizisten abgeführt. Einzelne KI-Modelle gerieten bei Tests außer Kontrolle und attackierten wie in einer Matrix-ähnlichen Wirklichkeit andere Unternehmen oder schreckten auch nicht davor zurück, Mitarbeiter zu erpressen. Scheinbar gemüthlicher agierte Anthropic bei seinem Project Panama: Der KI-Gigant kaufte Antiquariate leer und scannte die Seiten alter Bücher (natürlich alles automatisiert), wobei die alten Schmöcker leider zerstört wurden und danach im Müll landeten. Alles revolutionär und diesmal ziemlich disruptiv (bei den Humanoiden und Büchern wortwörtlich), aber irgendwie stimmt das (einen Menschen) nicht besonders zuversichtlich mit Blick auf unsere Zukunft. Die Welt könnte um einiges ärmer werden, nicht nur wegen der alten Bücher.

Und was macht AM? Die Branche wächst, druckt Ersatzteile für Straßenbahnen, Panzer, Autos, Flugzeuge, Bohrseln, verschiedene Produktionsmittel oder Zahnschienen, qualifiziert neue Materialien und validiert Prozesse, entwickelt Software, um Stützstrukturen zu minimieren. Klingt nicht (mehr) so revolutionär, aber doch stimmt es irgendwie zuversichtlich: Es wird vieles verbessert, oftmals Sinnvolles geschaffen – und das, ohne zu zerstören.

Text: Thomas Masuch

Illustration: feedbackmedia.de, iStock/elenabs, invincible_bulldog, lupupme, Magnilion, sorbetto

365 TAGE

die AM-Welt erreichen



REICHWEITE TRIFFT MARKENSTÄRKE – IHRE BOTSCHAFT IM ZENTRUM DER AM-WELT

Die Formnext ist das Branchenhighlight der Additiven Fertigung und gleichzeitig »the place to be«. Aber die Formnext besteht nicht nur aus den vier Tagen im Jahr. Mit unserem umfangreichen Informationsangebot sind wir als Hub für Additive Manufacturing auch vor und nach der Formnext zentrale Anlaufstelle für die AM-interessierte Fachwelt.

Und unser Hub-Angebot bietet Ihnen das ganze Jahr die Möglichkeit, Ihre Botschaft an die internationale AM-Community zu richten und neue Geschäftspartner zu finden.

Entdecken Sie in unserem **Marketing & Sales Kit** alle Möglichkeiten.



[Formnext.com/kit](https://formnext.com/kit)

formnext

» 17. – 20.11.2026

» Messe Frankfurt: Halle 11, 12 und Portalhaus

KONTAKT:

» Hotline: +49 711 61946-810

» formnext@mesago.com

» formnext.com/fonmag

SAVE THE DATE:

» 26. – 29.10.2027

» Weitere Infos unter formnext.de

IMPRESSUM Fon Mag Ausgabe 02/26

HERAUSGEBER
mesago

Messe Frankfurt Group

Mesago Messe Frankfurt GmbH
Rotebühlstraße 83–85
70178 Stuttgart
Tel. +49 711 61946-0
info@mesago.com
mesago.com

Amtsgericht Stuttgart,
HRB Stuttgart 1 33 44
USt-Identifikationsnummer:
DE147794792

V.i.S.d.P.: Sascha Wenzler

PROJEKTKOORDINATION
Nina Schwarzer
Tel. +49 711 61946-566
Nina.Schwarzer@mesago.com

REDAKTION
ZIKOMM – Thomas Masuch
thomas.masuch@zikomm.de

GESTALTUNG
feedbackmedia.de

DRUCK UND BINDUNG
Druckhaus Stil + Find,
Leutenbach-Nellmersbach

ERSCHEINUNGSWEISE
Das Magazin erscheint
3-mal jährlich.

AUFLAGE
18.700 Exemplare

ADVERTISING
Mesago Messe Frankfurt GmbH
Tel. +49 711 61946-501
Stefan.Rapp@mesago.com

LESERSERVICE
formnext-magazin@mesago.com
Tel. +49 711 61946-405

FON MAG ONLINE & ABO
formnext.com/fonmag

© Copyright
Mesago Messe Frankfurt GmbH
Alle Rechte vorbehalten.

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird in dieser Publikation nicht ausdrücklich in geschlechterspezifische Personenbezeichnungen differenziert. Entsprechende Begriffe gelten im Sinne der Gleichbehandlung in der Regel für alle Geschlechter.

Unsere Partner für ein verantwortungsvoll produziertes Fon Mag:



mesago

formnext

HUB FÜR ADDITIVE MANUFACTURING

Expo & Convention
Industry Insights
Industry Events

Tauchen Sie ein in eine Welt voller Innovationen, wertvoller Brancheninformationen und Networking. Finden Sie das ganze Jahr über Inspiration, Austausch und direkten Zugang zu den neuesten Lösungen der Additiven Fertigung.

Find AM
AM Directory

Read AM
Fon Mag Print & Online

Watch AM
Formnext.TV

AM updates
Newsroom

AM regularly
AM4U-Newsletter

Experience AM
AM-Eventkalender

Explore AM
Formnext Whitepaper

Discuss AM
Formnext Technology Talks

Understand AM
AM Field Guide

Discover AM
Seminare & Webinare

AM around the globe
Formnext Events weltweit

Shaping AM
AM Jobs

Willkommen auf der zentralen
Plattform für AM-Experten weltweit!

formnext.com

AM Insights direkt ins Postfach?

formnext.com/getindustryinsights

