



interaktiv

DAS KUNDENMAGAZIN DES FRAUNHOFER IPA | AUSGABE 1.2017

Additive Fertigung

Trotz Lähmung selbstbestimmt gehen

Industrie 4.0 in der Blechbearbeitung



»Virtual Fort Knox« live erleben
vom 24. bis 28. April 2017
in Halle 17 | Stand C18



Sicher.
Föderativ.
Vernetzt.



Virtual Fort Knox ist die einzige offene Cloud-Plattform für produzierende Unternehmen, die bedarfsgerechte und fertigungsnahe IT-Lösungen bietet. Sie wurde vom Fraunhofer IPA entwickelt und wird föderativ mit Technologieführern des deutschen Mittelstands weiter ausgebaut. Mehr unter www.virtualfortknox.de

Sehr geehrte Leserinnen und Leser,

unsere neue Ausgabe des IPA-Kundenmagazins Interaktiv erscheint mit dem Schwerpunkt »Additive Fertigung«. Der schichtweise Aufbau von Produkten wird in unserem Hause aber nicht als Substitutionstechnologie verstanden, sondern als ganz eigenes Feld im Vergleich zu klassischen Technologien. »Additiv« wird sich einen eigenen Anwendungsraum erschließen, insbesondere dort, wo Stückzahl 1 und die Integration von neuen Funktionskonzepten eine Rolle spielen.

Um die Vorteile der Technologie umsetzen zu können, müssen Produkte aus unserer Sicht zukünftig von vornherein »additivgerecht« gestaltet werden. Es macht also keinen Sinn, bestehende Produkte in der gleichen Form additiv zu fertigen. Vielmehr entstehen mit der additiven Fertigung ganz neue Möglichkeiten bei der Produktgestaltung und ganz neue Produktarten.

Aufseiten der Technologie selbst entstehen gleichermaßen weitere Möglichkeiten. Die Materialvielfalt nimmt zu und die Fertigungsgeschwindigkeit ebenfalls, was neue Anwendungsfelder eröffnet. Damit tritt »additiv« in den Wettbewerb zu klassischen Technologien.

Es wird aber auch zukünftig Grenzen geben für die additive Fertigung. Ich bin überzeugt, dass alle anderen Fertigungsverfahren weiterhin ihre Berechtigung haben werden. An der Schnittstelle zwischen additiv und klassisch entsteht zusätzlich ein großer Innovationsraum für hybride Verfahren, bei denen man beide Fertigungsmethoden integriert und kombiniert.

Unserem Auftrag gemäß legen wir den Fokus der Forschung auf industrielle Applikationen und nicht etwa auf Konsumprodukte, für die auf dem Markt des 3D-Drucks gerade ein großer Hype entstanden ist. Gerade in der industriellen Anwendung stehen nämlich nach meiner Auffassung additive Verfahren im Moment vor einem echten Durchbruch. Uns interessiert insbesondere auch die Frage, wie Prozesse gestaltet sein müssen, damit »additiv« zu einer gleichwertigen Technologie wird im Konzert mit allen anderen Produktionstechnologien. In diesem Heft finden Sie Beiträge, die auf unterschiedliche Perspektiven und Gestaltungsfelder eingehen.

Abschließend möchte ich Sie noch auf zwei Termine aufmerksam machen, bei denen wir neueste Entwicklungen aus unserer Forschung präsentieren: Vom 24. bis 28. April rücken wir auf der Hannover Messe unsere föderative IT-Produktionsplattform Virtual Fort Knox ins Zentrum des Geschehens und am 22. Juni öffnen wir im Rahmen der »Industriewoche Baden-Württemberg 2017« die Pforten unseres Institutszentrums Stuttgart für Ihren Besuch.

Ihr Thomas Bauernhansl





10 **Der 3D-Druck erobert die Märkte**

Dass der 3D-Druck auch in der Industrie immer stärkere Bedeutung erfährt, zeigen vielfältige Anwendungen wie Kunststoff-Brillengläser, Einspritzdüsen für Flugzeuge oder Knochenprothesen. Welche Vorteile, welche Entwicklungsaufgaben und welche Zukunftspotenziale bringt diese sogenannte additive Bauweise?



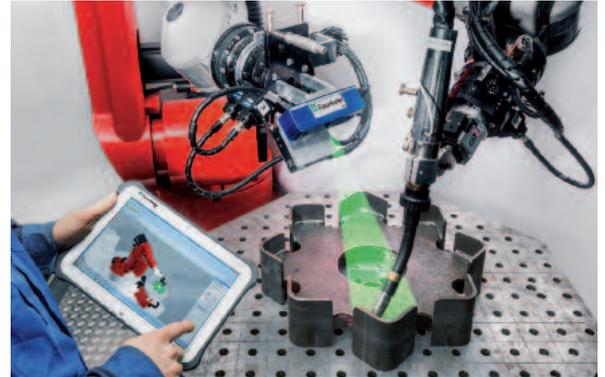
28 **Trotz Lähmung selbstbestimmt gehen**

In Deutschland meistern rund 70 000 Querschnittsgelähmte ihren Alltag im Rollstuhl. Ihnen könnte ein neuartiges Exoskelett schon bald auf die Beine helfen.



41 **Hans-Jürgen Warnecke
Innovationspreis 2016**

Gleich vier Forscherteams hat das Fraunhofer IPA am 24. Innovationstag Anfang Dezember mit dem Hans-Jürgen Warnecke Innovationspreis ausgezeichnet. Ein VHM-Schaftfräser mit einer Schneidengeometrie, die weniger Energie verbraucht und zugleich mehr Leistung bringt, machte im Jahr 2016 das Rennen.



26 **Effiziente Schweißroboter-
programmierung in der Cloud**

Die IPA-Software für die Schweißroboterprogrammierung macht deutlich weniger Programmieraufwand, bietet eine intuitive Bedienung über einen Tablet-PC und die Möglichkeit, die Software als Cloud-Service zu nutzen. Außerdem ist sie für beliebige Robotermodelle nutzbar.



36 **Industrie 4.0 bringt
Blechbearbeitung in Schwung**

Um die Blechbearbeitung mit Industrie-4.0-Technologien effizienter zu gestalten, startete TRUMPF mit dem Fraunhofer IPA im Jahr 2015 das langfristige Projekt »Blechfertigung der Zukunft«. Ein Lagebericht.

Editorial

Von Thomas Bauernhansl 3

Plattform

Nachrichten und Notizen 6

Titel

Der 3D-Druck erobert die Märkte 10

Additive Fertigung nimmt Schlüsselrolle ein. *Von Thomas Bauernhansl* 15

»Vorhandene Kräfte bündeln, neue Verfahren ansiedeln«. *Interview mit Andreas Wolf* 17

IPA-Ausgründer erhält Preis für additiv gefertigten Prothesenfuß 18

Leichtbauteile aus dem 3D-Drucker 19

Hybride Lösungen in Keramik 20

Fabrik im Container 22

Industrie 4.0

Projekt ReApp: Robotersysteme effizienter und flexibler einsetzen 24

Smart für den Mittelstand: Effiziente Schweißroboterprogrammierung in der Cloud 26

Blickpunkt

Trotz Lähmung selbstbestimmt gehen 28

Industrie 4.0

»Industrie 4.0 kann man nicht befehlen«. *Interview mit Johann Soder* 30

Den Trubel fest im Griff – Methoden zur Produktionsplanung 34

Industrie 4.0 bringt Blechbearbeitung in Schwung 36

»Industrie 4.0 muss man machen«. *Interview mit Eberhard Wahl* 39

Smart Devices verbessert digitale Produktion 40

FuE

Hans-Jürgen Warnecke Innovationspreis 2016 46

Mit neuer Schneidengeometrie geht Fräser auf Siegeszug 42

Neues Kamerasystem zeigt Tumore farbiger an 46

Wegweisende Werke in neuer Auflage 47

Zerstörungsfrei und berührungslos reale Leitungsstrukturen vollständig charakterisieren 48

Einzelne Zellen handhaben und detektieren für den Hochdurchsatz 50

»ARENA2036 ist ein wichtiger Zukunftskatalysator«. *Interview mit Markus Schäfer* 53

Impressum

54

IPA-Außenstelle AGP ist seit 2017 eigenständige Einrichtung



(Quelle: AGP)

Das »Anwendungszentrum Großstrukturen in der Produktionstechnik AGP« des Fraunhofer IPA in Rostock forscht ab 2017 als eigenständige Einrichtung.

Das »Anwendungszentrum Großstrukturen in der Produktionstechnik AGP« in Rostock, bislang eine Außenstelle des Fraunhofer IPA in Stuttgart, forscht ab 1. Januar 2017 mit seinen 67 Mitarbeitern als selbstständige Einrichtung der Fraunhofer-Gesellschaft. Ein Forschungsschwerpunkt ist nach wie vor der Schiffbau und die maritime Industrie. Die Leitung hat Prof. Martin-Christoph Wanner übernommen, der von 1980 bis 1994 beim Fraunhofer IPA beschäftigt war und seit der Gründung im Jahr 2000 der Außenstelle vorstand. »Ich freue mich, dass unser Anwendungszentrum in Rostock nun eine eigenständige Fraunhofer-Einrichtung ist. Dies konnte nur gelingen, weil die IPA-Wissenschaftler dort über viele Jahre hervorragende Forschungsergebnisse hervorgebracht und sehr erfolgreich mit der Industrie zusammengearbeitet haben«, so Prof. Thomas Bauernhansl, Leiter des Fraunhofer IPA in Stuttgart.

Weitere Informationen: www.hro.ipa.fraunhofer.de

Future Work Lab feierlich eröffnet

Blauer Sekt, Trommelshow, ein Eröffnungsband und Demonstratoren zum Anfassen – die Einweihung des »Future Work Lab« am 2. Februar auf dem Fraunhofer-Campus in Stuttgart brachte alles mit, was ein glanzvolles Fest braucht. Über 150 geladene Gäste, darunter Bundesministerin für Bildung und Forschung Johanna Wanka, der Fraunhofer-Vorstand und die Institutsleiter des IAO und IPA waren mit dabei, als das Innovationslabor zum ersten Mal offiziell gezeigt wurde. Hier bündeln die Stuttgarter Fraunhofer-Institute IAO und IPA sowie das IAT und IFF der Universität Stuttgart ihre Kompetenzen rund um Industrie 4.0. Mit Demonstratoren, Schulungsprogrammen und einer Plattform für den wissenschaftlichen Austausch rückt die Arbeit der Zukunft greifbar nahe.



Quelle: Fraunhofer IAO, Foto: Ludmilla Parsyak

Das Future Work Lab ist eröffnet: Ministerin Wanka weiht zusammen mit Fraunhofer-Präsident Neugebauer, IG-Metall-Vorsitzendem Hofmann und Südwestmetall-Vorsitzendem Wolf das Future Work Lab ein.

Patenschaft mit Forscher AG geht ins dritte Jahr

Das Motto »Forschen – Staunen – Lernen: Entdeckerfreude für Entdeckerfreunde« ist und bleibt Programm. Nach 2015 und 2016 werden auch in diesem Jahr Wissenschaftler des Fraunhofer IPA den Kindern und Jugendlichen der Forscher-AG des Kinder- und Jugendhauses Vaihingen spannende Erkenntnisse aus ihren Wissensgebieten vermitteln. IPA-Institutsleiter Thomas Bauernhansl nutzte das Jahresauftakttreffen am 17. Januar mit den Sechstklässlern des Hegel-Gymnasiums, um sich für die Gestaltung des Titelmotivs der IPA-Weihnachts- und Neujahrskarte zu bedanken. Auch im Jahr 2017 erwarten die Nachwuchsforscher wieder vielseitige Themen. Das Spektrum reicht von Carbon Nanotubes und selbstlernenden Systemen bis hin

zum Virtual Orthopedic Lab, dem institutseigenen Labor zur Bewegungsanalyse.



ARENA2036: Übergabe der Schirmherrschaft

Auf dem Forschungscampus wird in den Bereichen Leichtbau und innovative Produktionstechnologien geforscht und entwickelt. Bis zum Jahr 2036, dem 150-jährigen Jubiläum des Automobils, soll der Weg für den Automobilbau der Zukunft bereitet werden. Eine neu konzipierte Forschungs- und Arbeitsumgebung entsteht unter dem gemeinsamen Dach der Forschungsfabrik. Mit dabei sind Partner aus Wissenschaft und Wirtschaft verschiedener Disziplinen. Am 16. Februar 2017 übergab Thomas Weber die Schirmherrschaft an seinen Nachfolger Markus Schäfer in der neuen ARENA2036-Halle auf dem Campus der Universität Stuttgart. (Siehe hierzu auch »ARENA2036 ist ein wichtiger Zukunftskatalysator«, Interview mit Markus Schäfer, Seite 53)

Weitere Informationen: www.arena2036.de

V. l. n. r.:

Andreas Friedrich, Leiter Technologiefabrik Mercedes-Benz Cars Aufbauwerke, Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. Wolfram Ressel, Rektor der Universität Stuttgart, Markus Schäfer, Mitglied des Bereichsvorstands Mercedes-Benz Cars, Produktion und Supply Chain Management, Peter Fröschle, Vorstandsvorsitzender und Geschäftsführer ARENA2036 e.V., Prof. Dr. Thomas Weber, Senior Advisor Research and Mercedes-Benz Cars Development, Anke Kleinschmit, Leiterin Konzernforschung und Nachhaltigkeit, Prof. Dr.-Ing. Thomas Bauernhansl, Leiter des Instituts für Industrielle Fertigung und Fabrikbetrieb (IFF) der Universität Stuttgart und Leiter des Fraunhofer-Instituts für Produktionstechnik und Automatisierung IPA.



Quelle: ARENA2036 e.V., Foto: Deniz Calagan

Globales Leitforum für Energieeffizienz

Auf dem diesjährigen Energy Efficiency Global Forum (EE Global) kommen vom 8. bis 9. Mai wieder hunderte Führungskräfte und Entscheidungsträger aus Politik, Wirtschaft und internationalen Organisationen in Washington D.C. zusammen und beraten über die Zukunft der Energieeffizienz. Das Institut für Energieeffizienz in der Produktion (EEP) und das Fraunhofer IPA, vertreten durch Stefan Büttner und Alexander Sauer, moderieren und organisieren den Einstiegslot der Dialogplattform und eine Session zum Thema »Unleashing the potentials of industrial energy efficiency«. Auf dem Forum wird auch das Forschungsprojekt »SynErgie« vorgestellt, dessen Ziel es ist, eine IT-Plattform zu entwickeln und damit die Versorgung der Industrie mit Strom aus erneuerbaren Energien maßgeblich voranzutreiben (siehe S. 9).

Weitere Informationen: <http://eeglobalforum.org>



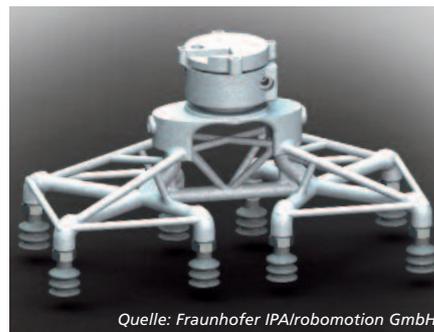
Prof. Alexander Sauer (r.) und Stefan M. Büttner (2. v. l.) beim EE Global 2016.

Mehrwerte durch Leichtbau

Handbuch gibt Beispiele und Handlungsempfehlungen für erste Schritte

Wie der erfolgversprechende Einstieg in den Leichtbau gelingen kann, analysiert das Handbuch »Leichtbau im Maschinen-, Anlagen- und Gerätebau – Herausforderungen, Potenziale, Mehrwerte, Beispiele« anhand der Erfahrungen von Unternehmen beim Einführungs- und Umsetzungsprozess konkreter Leichtbauapplikationen. Befragt wurden 22 Unternehmen aus dem Maschinen-, Anlagen- und Gerätebau, die Leichtbau bereits erfolgreich umgesetzt haben.

Der Hauptteil des Handbuchs widmet sich Best-Practice-Beispielen. Anhand von mehr als 20 Leichtbau-Produkten wird unter anderem gezeigt, wie mit neuen Designmöglichkeiten durch additive Fertigung Material- und Gewichtseinsparungen bei hoher Steifigkeit erzielt werden können. Andere Beispiele veranschaulichen die Möglichkeiten von Materialsubstitution etwa durch kohlenstofffaserverstärkten Kunststoff. Durch die Gewichteinsparung gewinnen die Maschinen unter anderem an Dynamik und Präzision. Dargelegt werden auch Beispiele zur Kosten- und Materialeinsparung durch Topologieoptimierung – etwa an einem statischen Maschinenbauteil.



Leichtbau ermöglicht im Maschinenbau Einsparpotenziale, neue Gestaltungsmöglichkeiten und eine höhere Performance (Beispiel Greifer).

Aus der Analyse von Hemmnissen, Potenzialen und Bedarfen leiten die Autoren zum Abschluss des Handbuchs Handlungsoptionen ab – mit besonderem Blick auf die Bedürfnisse von kleinen und mittleren Unternehmen.

Am Handbuch mitgearbeitet haben die AG Hybride Leichtbau Technologien des VDMA, die IG Metall Baden-Württemberg und die Leichtbau BW GmbH sowie das Fraunhofer IPA. Das Handbuch kann kostenlos bei Dr. Christoph Birenbaum angefordert werden: christoph.birenbaum@ipa.fraunhofer.de

Energie nutzen, wenn sie verfügbar ist

Die Industrie maßgeblich mit Strom aus erneuerbaren Energien zu versorgen und damit die Energiewende durchzusetzen – das ist das Ziel des im September 2016 gestarteten Forschungsprojekts »SynErgie«. Dafür entwickelt das Fraunhofer IPA eine IT-Plattform, mit der Unternehmen und Energieanbieter Informationen bereitstellen und sich austauschen können. Als Teilprojekt des Forschungsvorhabens »Kopernikus« fördert die Bundesregierung das SynErgie-Konsortium mit über 80 Partnern in den ersten drei Jahren mit ca. 30 Millionen Euro. »Unser Ziel

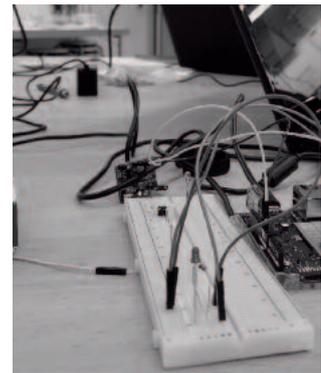
ist, dass die Unternehmen die Energie dann nutzen, wenn sie verfügbar ist. Dafür wollen wir ihnen Strategien und Werkzeuge an die Hand geben«, erklärt Professor Alexander Sauer, der das Projekt seitens des IPA und des EEP leitet.

Weitere Informationen:
www.kopernikus-projekte.de

Workshop »Internet der Dinge« nun auch für Erwachsene

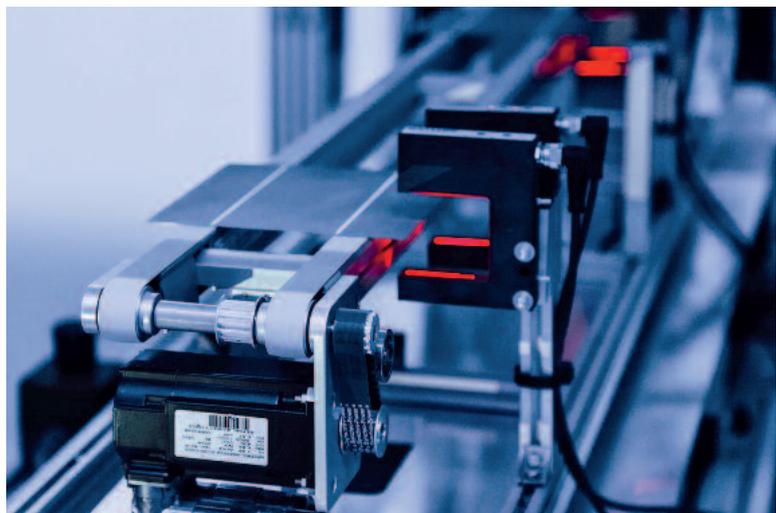
Im Jahr 2016 haben die IPA-Wissenschaftler vom Kompetenzzentrum DigiTools mit dem Stuttgarter VDI-Haus für Schüler ab 13 Jahren die Workshop-Reihe »Internet der Dinge« ins Leben gerufen. Da die jungen Teilnehmer begeistert waren und sich auch Erwachsene über die Potenziale und Gefahren informieren wollen, bieten die Experten das Format im Jahr 2017 für beide Altersklassen an. In fünf ein- bis zweitägigen Workshops setzen die Teilnehmer mit den IPA-Experten eine intelligente Alarmanlage zur ortsungebundenen Hausüberwachung zusammen. Die offene föderative Plattform »Virtual Fort Knox« bietet dabei die Grundlage für neuartige Vernetzungsszenarien. Auftakt ist am 12. April in der TecStatt des VDI-Hauses in Stuttgart.

Weitere Informationen: www.vdi-suedwest.de

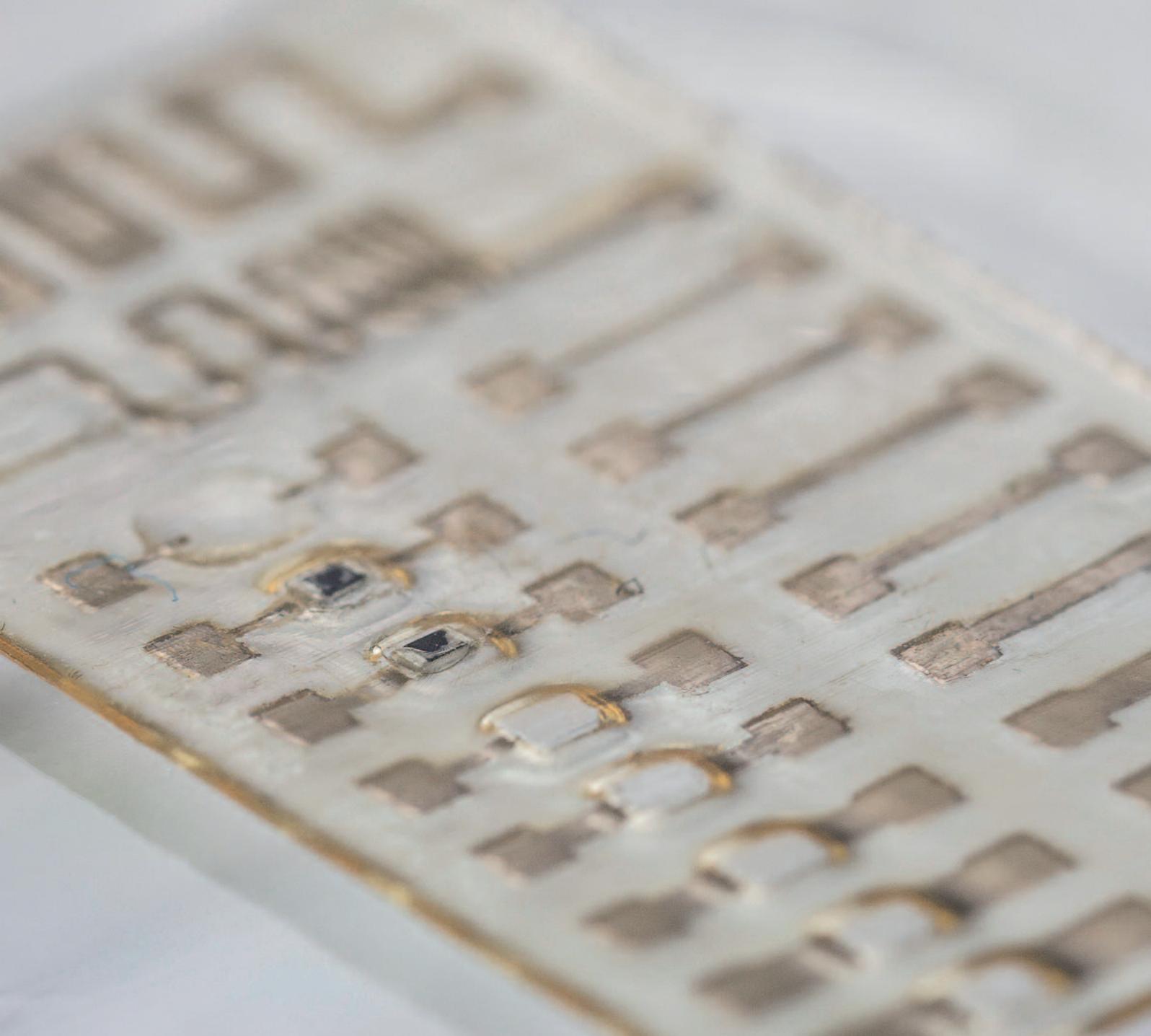


»Industrie 4.0 im Einsatz für zukünftige Solarzellenentwicklung und -fertigung« (InES)

Um die Entwicklungszeiten von Silizium-Solarzellen der nächsten Generation durch intelligente Anlagennutzung drastisch zu reduzieren, haben sich das Fraunhofer IPA und ISE, das Institut für Photovoltaik der Universität Stuttgart und das International Solar Energy Research Center in dem Projekt »InES« zusammengeschlossen und das Solarzellen-Technikum 4.0 gegründet. Das Besondere daran: Geforscht wird in realen Labors an den Instituten, die zum Technikum 4.0 digital vernetzt sind. Gleichzeitig soll das vom Land geförderte Projekt Industrie-4.0-tauglichen Produktionsanlagen weitere Marktchancen schaffen.



Additive Fertigung



Auch filigrane Multimaterialstrukturen lassen sich additiv erzeugen. Durch hybride Verfahren können sogar elektronische Bauelemente integriert werden.

Der 3D-Druck erobert die Märkte

Der Traum ist Jahrzehnte alt: Man füttert eine Maschine mit den digitalen Daten eines Bauteils, drückt auf einen Knopf und hält nach wenigen Minuten das fertige Produkt in Händen. Die Wirklichkeit hat die Vision inzwischen eingeholt: Im Elektromarkt liegen preiswerte 3D-Drucker für jedermann, die kleine Plastikteile ausspucken. Das ist zwar nur eine Spielerei, mit der sich keine belastbaren Ersatzteile drucken lassen. Doch auch in der Industrie gewinnt das Drucken immer mehr an Bedeutung. Man spricht hier von additiver Bauweise, weil die Bauteile nicht durch Fräsen, Sägen oder Bohren aus einem Block herausgearbeitet werden, sondern Schicht für Schicht aus Pulvern, Flüssigkeiten und Kunststoffschnüren, sogenannten Filamenten entstehen.

Vielfältige Anwendungen

Inzwischen gibt es viele unterschiedliche Verfahren, die vor kaum noch einem Material Halt machen. Man kann Bauteile aus Kunststoff, Metall oder Keramik drucken. Auch bei der Größe fallen die Grenzen. Die chinesische Architekturfirma Huanshang Tengda hat werbewirksam die Grundmauern einer zweistöckigen Villa Schicht für Schicht aus Beton »gedruckt«. Und ein Wissenschaftlerteam von der Universität Stuttgart um Harald Giessen geht ins andere Extrem und stellt mit dem 3D-Druck optische Linsen her, die nicht einmal ein Tausendstel Millimeter messen, kleiner als ein menschliches Haar. Die Liste der Bauteile, die aus dem Drucker kommen, wird mit jedem Tag länger. Sie reicht von passgenauen Brillengläsern aus Kunststoff über Einspritzdüsen für Flugzeugtriebwerke und Zylinderköpfe für Formel-1-Boliden bis zu Knochenprothesen aus Titan. Das IPA hat beispielsweise zusammen mit der Firma Festo einen bionischen Handling-Assistenten entwickelt, der einem Elefantenrüssel nachempfunden ist und mit dem Deutschen

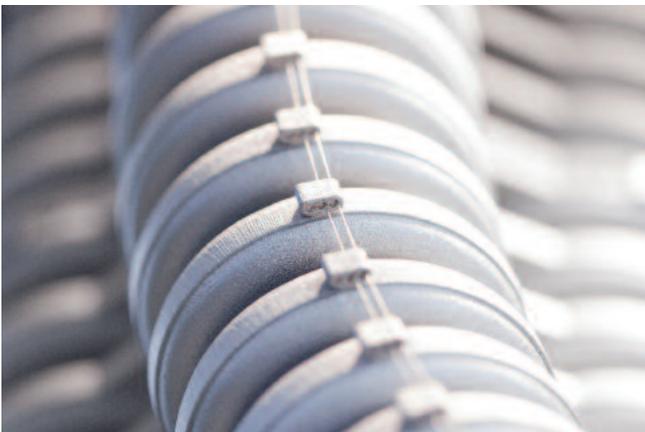
Zukunftspreis ausgezeichnet wurde. Ohne 3D-Druck wäre diese Leistung nicht möglich gewesen. Denn der Handling-Assistent beruht auf einer von Fraunhofer patentierten Aktorik, die so nur additiv hergestellt werden kann.

Die gewaltigen Vorteile

Die additive Bauweise hat mehrere Vorteile: Vor allem muss man keine aufwendigen Formen oder Werkzeuge anfertigen, es genügt der digitale Datensatz des Werkstücks. Das kann viel Geld und Zeit sparen. Zudem lassen sich komplexe Geometrien erzeugen, die mit herkömmlichen abtragenden Verfahren undenkbar wären.

Links: Faltenbalgaktorik des bionischen Handling-assistenten von Festo und Fraunhofer IPA.

Rechts: Strömungsoptimierte, biomimetische Gefäßstruktur für das Tissue Engineering.





Als Start der additiven Bauweise gilt das Jahr 1986, als der US-Amerikaner Chuck Hull ein erstes Patent anmeldete. Das Fraunhofer IPA beschäftigt sich seit zwei Jahrzehnten mit dem Thema. Trotz dieser langen Forschungsphase sind noch immer einige Hürden zu meistern – nicht nur technische. Denn die additive Bauweise hat das Potenzial, Produktionen und Wertschöpfungsketten komplett umzukrempeln. »Man wird auf Basis der additiven Fertigung in vielen Branchen zu grundlegend neuen Konzepten und Lösungsansätzen kommen. Es braucht dazu aber die Bereitschaft umzudenken – sowohl technisch als auch organisatorisch«, prophezeit Oliver Reffe, der das Thema am IPA verantwortet. Die Technik könnte einen ähnlichen Umbruch verursachen wie Industrie 4.0 oder das Elektroauto, Siemens spricht von einer Revolution. Was Daimler-Vorstand Wolfgang Bernhard über den Elektroantrieb sagt, gilt letztlich auch für den 3D-Druck: »Wer zu früh kommt, verliert Hemd und Hose, und wer zu spät kommt, verliert den Markt.«

Ein weiterer Vorteil: Künftig können viele Unternehmen ihre Ersatzteillager abspecken. Tausende Teile über Jahrzehnte vorrätig zu halten, wird nicht mehr notwendig sein. Dann genügt der digitale Datensatz auf einer Festplatte. Ein Park von Druckern könnte die nötigen Teile je nach Bedarf fertigen. Die Frage ist nicht, ob diese elegante und platzsparende Methode kommt, sondern wann und in welcher Form.

Besonderheiten additiver Fertigung

Natürlich gibt es auch technische Hindernisse. So haben gedruckte Werkstoffe eine andere Struktur und eine andere Oberfläche als gegossene oder gewalzte. Beim Lasersintern mit Metall oder Kunststoff verursacht der Entstehungsprozess eine gewisse Porosität,



die weitere Parameter wie Belastbarkeit und Verformbarkeit verändert. Auch ist die erreichbare Maßhaltigkeit nicht bei allen Verfahren den etablierten Fertigungsmethoden ebenbürtig und die Bauteilqualität hängt noch sehr stark am Fertiger und dessen Know-how. Doch diese Kinderkrankheiten bekommen Maschinenhersteller und Forscher immer besser in den Griff. »Die Zeiten sind vorbei, als gesagt wurde, additive Bauteile seien schlechter als herkömmlich entstandene«, sagt Alexander Oster von der Autodesk GmbH. Die Luft- und Raumfahrtindustrie würde nicht zum Drucker greifen, wenn das Resultat nicht akzeptabel wäre. Beim Knochenersatz aus Titan wird die Schwachstelle des Druckers sogar zum Vorteil, denn das Gewebe kann in die winzigen Poren hineinwachsen und sich so mit dem Implantat besser verbinden.

Neue Anwendungsbereiche für Keramik

Bisher ist die Produktion von keramischen Bauteilen teuer und aufwendig. »Niemand arbeitet mit Keramik, wenn er nicht unbedingt muss, da die Fertigung aufwendig und teuer ist«, sagt Reffe. Doch der Drucker eröffnet ganz neue Möglichkeiten. So lassen sich in naher Zukunft auch mit Keramik Prototypen und Kleinserien wirtschaftlich realisieren. Das wird dem keramischen Werkstoff neue Anwendungsfelder eröffnen und in Zukunft wären sogar fließende Übergänge der Materialeigenschaften

Hybride Lösungen in Keramik

Mehr auf Seite 20f.



denkbar, die dem Hochleistungswerkstoff einen zusätzlichen Nutzen verleihen würden.

Auf der Suche nach der Materialrezeptur für faserverstärkte Kunststoffe

Beim Kunststoff sind vor allem Materialentwickler gefragt. Es gibt Hunderttausende unterschiedliche Rezepturen, die meisten davon sind für Prozesse wie das Spritzgießen optimiert und für die additive Fertigung ungeeignet. Gesucht sind Materialien, die mit der additiven Bauweise harmonieren und vergleichbare Eigenschaften wie herkömmliche haben, sei es was Alterungsbeständigkeit, Belastbarkeit oder Temperaturverhalten betrifft. Eine besondere Herausforderung sind faserverstärkte Kunststoffe, die für hochbelastete Bauteile großflächig einge-



Gefäßstruktur während des Fertigungsprozesses; wachsartiges Supportmaterial umgibt die Struktur zur Stabilisierung während des schichtweisen Aufbaus.

setzt werden. Die bisher dazu entwickelten 3D-Druckerfahren stecken noch in den Kinderschuhen. Aber es wird nur eine Frage der Zeit sein, bis ein Prozess und eine geeignete Materialrezeptur zur Verfügung steht.

Notwendige Integration in die automatisierte Produktion

Eine große Hürde für die additive Fertigung ist ihre Integration in einen automatisierten industriellen Fertigungsprozess. Hier gibt es bisher nur wenige erfolgversprechende Ansätze. Bei den heutigen Druckern, die in den Werkhallen stehen, handelt es sich weitgehend um Stand-alone-Maschinen, die vielfach noch von Hand bedient werden. Doch solange ein Arbeiter jedes fertige Bauteil aus dem Pulverbett puhlen und mühsam reinigen muss, kommt die Technik nicht aus ihren Nischen heraus. Ein Schwerpunkt des Fraunhofer IPA ist deshalb, für die fehlenden Schnittstellen zu sorgen und automatisierte Gesamtprozessketten zu entwickeln. Das fängt schon mit einem automatisierten Befüllsystem des Druckers an. Automatisierte Lösungen sind hier noch lange kein Standard und bei kleineren Firmen wird das Pulver für eine Lasersinteranlage mitunter im Betonmischer angerührt und von Hand in die Maschine gekippt – wie auf der Heimwerker-Baustelle. Mit einer automatischen Misch- und Befüll-Anlage geht es wesentlich eleganter.

Auch braucht es automatische Systeme, die das fertige Bauteil aus dem Bauraum greifen. Herkömmliche Lösungen scheitern, weil die Teile ganz unterschiedlich geformt sind. Hier kann ein Trick helfen, den sich die Entwickler vom Fraunhofer IPA haben patentieren lassen: Man druckt um das Bau-

teil herum eine Hilfsstruktur mit einer Art Henkel. Die unterschiedlichsten Bauteile können so gehandelt werden und sind vor Beschädigung in Nachfolgeprozessen geschützt. Später wird die Struktur einfach weggebrochen oder sie kann sogar noch als Transportschutz weiter verwendet werden. Unverzichtbar ist auch eine Nachbehandlung, etwa eine Reinigung mit Druckluft, ohne Hand anlegen zu müssen. Auch eine automatische Qualitätskontrolle wie bei herkömmlichen Fabrikationsprozessen darf nicht fehlen. Die verringert nicht nur den Ausschuss, sondern verbessert auch den Druckprozess. Denn mit den gewonnenen Daten der Sensoren lassen sich die Parameter der Maschine optimal einstellen. »Die notwendige Technologie liegt größtenteils schon in der Schublade, um additive Verfahren in industriellen Fertigungsumgebungen zu etablieren und mit anderen Prozessen zu verknüpfen«, sagt Refle.

Wie eine komplette automatisierte Fertigungskette, bestehend aus additiven und konventionellen Verfahren, aussehen könnte, hat das IPA im Kleinen schon gezeigt. Beim EU-Projekt »CassaMobile« steckt das ganze Equipment in einem mobilen

Fabrik im Container

Mehr auf Seite 22 f.



Container. Krankenhäuser könnten mit dieser autarken Fabrik, wenn es schnell gehen muss, innerhalb von Stunden passgenaue Prothesen oder chirurgische Hilfsmittel herstellen – direkt vor Ort und nach aktuellem Bedarf.

Ideal für kleine Losgrößen

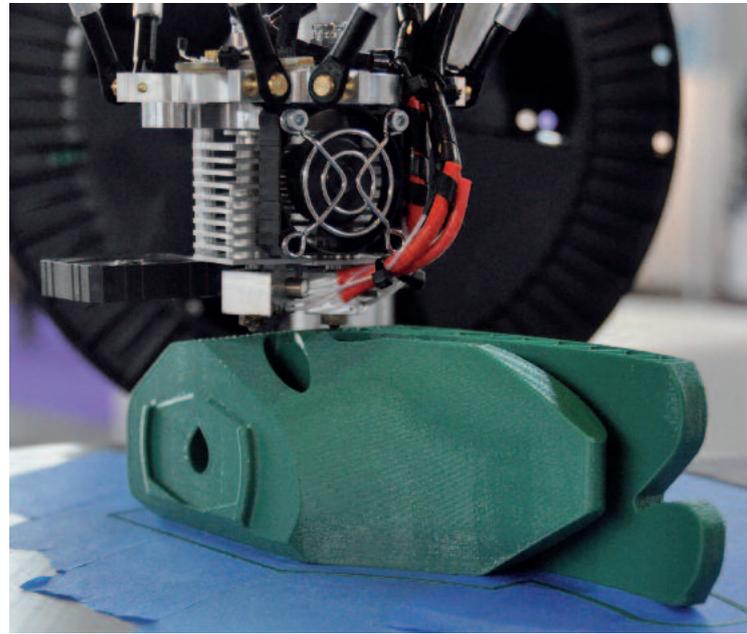
Noch ist die additive Fertigung vor allem eine Lösung für Einzelstücke und teure Nischenprodukte – etwa Prototypen. Mit dem »Rapid Prototyping« hatte letztlich alles angefangen. Diese Anwendung hat sich inzwischen zu einem großen Markt entwickelt, denn für solche Vorserienstücke ist das Drucken konkurrenzlos günstig. In dieser Sparte haben sich große Dienstleister etabliert, die bis zu hundert Maschinen in ihren Parks stehen haben. Ein weiterer Markt ist der Sonderanlagenbau, wo letztlich jedes Bauteil ein Einzelstück ist. Viele Kunststoffteile, die man für solche Anlagen braucht, lassen sich inzwischen mit dem Drucker günstiger herstellen als mit herkömmlichen Verfahren. Die Sparte boomt seit mehr als zehn Jahren. Auch die Medizintechnik ist längst auf den Drucker gekommen, denn bei ihren Produkten handelt es sich meist um Einzelstücke, die im Optimalfall auf den Patienten maßgeschneidert sind. Prothesen, Orthesen und Implantate können inzwischen additiv gefertigt werden, wengleich der Kostendruck im Gesundheitswesen einer breiten Verwendung dieser Technologie noch im Wege steht.

Unternehmen investieren

Bei der Massenproduktion kann die additive Fertigung freilich nicht mit den herkömmlichen Prozessen mithalten, dafür dauert der Druck zu lange und die Kosten sind zu hoch. Das wird sich auch in Zukunft nicht ändern, obwohl die Kosten und die Bauzeit noch erheblich sinken werden. Kleinserien lohnen sich teilweise schon heute. Dass die additive Fertigung auf dem Vormarsch ist, zeigt auch der Blick auf die Unternehmen, die sich damit befassen. Haben sich in diesem Metier bisher nur kleinere Unternehmen getummelt, sind im letzten Jahr auch große Konzerne eingestiegen. Vor allem im Flugzeugbau, wo der Preis nicht höchste Priorität hat, wird immer mehr additiv gefertigt. So hat die Flugzeugsparte von General Electric das fränkische Familienunternehmen Concept Laser, einen 3D-Druck-Anlagenbauer, aufgekauft, und Airbus will künftig Teile aus Titan, Edelstahl und Aluminium drucken. Auch Chemie-giganten wie BASF und Covestro investieren massiv in die neue Fertigungstechnik.

Hybriden Lösungen gehört die Zukunft

In Zukunft wird es aber nicht nur ein Entweder-Oder geben. Es ist zu erwarten, dass sich die additive und die konventionelle Technik gegenseitig ergänzen. Schon jetzt arbeitet das IPA an hybriden Lösungen, die alte und neue Verfahren zu



Mit dem Fused-Deposition-Modelling-Druck können individuelle Prothesen und Orthesen kostengünstig hergestellt werden.

einer pfiffigen Einheit kombinieren. So lassen sich etwa Elektroniksysteme in einem Zug herstellen: Während das Kunststoffgehäuse im Drucker entsteht, setzt ein Greifer zwischen die einzelnen Lagen zusätzliche Bauteile wie Chips, Widerstände oder LEDs ein. Ganz ähnlich lassen sich auch Kombilösungen für Keramik-Metall-Verbünde verwirklichen. Die Stärken der jeweiligen Technik ergänzen sich dabei und eröffnen so ganz neue Möglichkeiten.

Denkbar ist natürlich auch eine hybride Fabrik, in der zwei Produktionslinien parallel laufen, eine mit herkömmlichen Maschinen und eine mit Druckern – ähnlich wie ein Hybrid-Auto, das zwei Motoren besitzt. Je nachdem, wie schnell ein Produkt gebraucht wird und in welcher Auflage, kommt entweder die eine oder die andere Produktionslinie zum Zug. **Klaus Jacobljdw** ■

Kontakt

Oliver Refle
Telefon +49 711 970-1867
oliver.refle@ipa.fraunhofer.de



Die Additive Fertigung nimmt Schlüsselrolle ein

Von Thomas Bauernhansl

Die Leuchtturmforschung, die wir innerhalb des Stuttgarter Technologie- und Engineering-Campus S-TEC betreiben, hat u. a. das Leistungszentrum Mass Personalization hervorgebracht. Hier wollen wir mit personalisierten Produkten zum Business-to-User-System kommen. Das Zentrum für Additive Produktionstechnologien (ZAP) ist ein Herzstück dieses Leistungszentrums. Die additive Fertigung nimmt also innerhalb der Standortstrategie des Stuttgarter Forschungscampus eine Schlüsselrolle ein.

Volatile und hochkomplexe Märkte erfordern eine wandelbare und personalisierte Produktion sowie eine verbesserte zeitliche und räumliche Verfügbarkeit. Zur Gewichtsreduktion und der damit einhergehenden Ressourcenersparnis werden immer mehr Technologien für den funktionsintegrierten Leichtbau entwickelt. Diese neuen Konstruktionswege mit neuen Bauteileigenschaften werden über geringere Herstellkosten eine kostengünstigere Produktion ermöglichen, die zukunftsfähig und nachhaltig ist.



Hype oder echte Alternative?

Wir erleben einerseits zurzeit einen großen medialen Hype im Bereich des 3D-Drucks. Aber es gibt hier auch sehr ernstzunehmende Entwicklungen, nicht nur für den Consumer-Bereich, sondern auch im Business-Bereich. Das kann man daran ablesen, dass sich renommierte Maschinenbauer sehr intensiv mit additiven Verfahren auseinandersetzen. Im Kunststoffbereich hat die Firma ARBURG begonnen, eine eigene Technologie zu entwickeln, Trumpf hat angekündigt, mit dem electric laser melting wieder in die additiven Verfahren einzusteigen. Es gibt also im B2B-Bereich großen Bedarf und erfahrene Maschinenbauer bringen ihre Kompetenz in dieses Thema ein.

Wenn diese Kompetenz gepaart ist mit der Entwicklung von neuen Materialien, dann wird man die heute noch vorhandenen Schwächen, beispielsweise die geringe Materialpalette und niedrige Prozessgeschwindigkeit sowie eine mangelnde Automatisierung, überwinden können. Damit wird sich die herkömmliche Produktion verändern, zumindest im Bereich von Stückzahl 1 und in Bereichen, in denen es die Präzisionsanforderungen erlauben. Hier wird sich die additive Fertigung immer mehr durchsetzen.

Dabei bleibt es aber nicht. Es wird viele hybride Verfahren geben. Man wird durch Schichten von Werkstoffen ein Produkt aufbauen und dann noch nachbearbeiten. Diese Verfahrensintegration findet in der Werkzeugmaschine selbst statt, was wiederum eine Herausforderung für die Automatisierung ist.

Additiv gefertigter Greifer greift ein ebenfalls additiv gefertigtes Bauteil mit metallisierter Oberfläche.

Freiheit bei der Gestaltung

Additive Fertigungsverfahren bieten aufgrund des schichtweisen Aufbaus einzigartige Gestaltungsfreiheiten. Hieraus leitet sich ein enormes Potenzial für den strukturellen Leichtbau ab. Bionische Leichtbaustrukturen, integrierte Funktionalitäten sowie topologieoptimierte Bauteile können direkt produziert werden. Neben dem strukturellen Leichtbau ist die Verwendung hochfester Werkstoffe oder solcher mit geringer Dichte zur Fertigung von Leichtbauprodukten geeignet. Ein Beispiel für den werkstofflichen Leichtbau sind Faserverbundstrukturen, die geringe Materialdichte mit hoher Festigkeit kombinieren. Durch die Bündelung der Vorteile additiver Fertigungsverfahren mit Halbzeugen aus Hochleistungswerkstoffen – beispielsweise kohlenstofffaserverstärkte Kunststoffe oder Keramik – werden noch leichtere Produkte möglich.

Wirtschaftlichkeit und Kundennutzen zählen

Der 3D-Druck macht überall dort Sinn, wo er wirtschaftlich eingesetzt werden kann. Dort, wo ganz neue Bauteilgeometrien erzeugt werden, die einen zusätzlichen Nutzen bringen, etwa über die Funktionsintegration oder über besonders leichte Bauteile, die integriert werden. Dieser Aspekt spielt beispielsweise in der Medizintechnik eine enorme Rolle. Die Chance zu personalisieren bietet sich darüber hinaus auch für körpergetragene Produkte, den sogenannten Smart Wearables.

Aber auch bei Teilen mit einem Designaspekt ist der 3D-Druck sinnvoll eingesetzt. Überall dort, wo der Kunde einen persönlichen Nutzen durch eine hohe Personalisierung sieht, wird sich die additive Fertigung durchsetzen; dort, wo der Kunde zu honorieren bereit ist, dass er ein personalisiert hergestelltes Bauteil, etwa in seinem Fahrzeug, wiederfindet. Das kann zum Beispiel die Innenraumpersonalisierung sein, mit speziell hergestellten Oberflächen und Formen.

Gesünder sitzen und arbeiten

Verbesserte Arbeitsbedingungen werden auch vor dem Hintergrund des demographischen Wandels zukünftig noch wichtiger werden. So ermöglichen additive Fertigungsverfahren individuelle, ergonomische Arbeitsplätze, die für einzelne oder Gruppen speziell angepasst und schnell umgesetzt werden können. Speziell angepasste Arbeitsplätze für einzelne Menschen oder bestimmte Gruppen sind schnell umsetzbar. Durch die Fertigung ohne Form sind Produktionskosten für Einzellösungen und Kleinserien gering. In IPA-Projekten konnte beispiels-



Bei den Montagehockern für Volkswagen setzten die IPA-Wissenschaftler auf hybride Lösungen – eine Kombination additiver Fertigungsverfahren mit ultrafesten kohlenstofffaserverstärkten Kunststoff-Halbzeugen.

weise das Gewicht eines Montagehockers im Vergleich zum Vorgängermodell um über 50 Prozent gesenkt werden. Außerdem wurden Methoden entwickelt, um mit additiv gefertigten Hilfsmitteln ältere Fachkräfte im Bereich der Mikromontage optimal zu unterstützen. Ergonomisch verbesserte Arbeitsplätze verringern Produktionsfehler und tragen somit zu einem qualitativ hochwertigeren Produkt, verringertem Ausschuss und einer profitableren Produktion bei.

Anlaufstelle für Entwickler, Unternehmer und Studierende

Acht Zentren im Bereich der Mass Personalization wird das Fraunhofer IPA in den nächsten Jahren aufbauen. Die Themen reichen von der digitalen Batteriezellproduktion und smarten Materialien über frugale sowie cyberphysische Produktionssysteme bis hin zur cybercognitive Intelligence und dem Leichtbau. Im Zentrum für Additive Produktionstechnologien (ZAP) soll eine komplette Produktionsstraße von der Datenaufbereitung und Materialkonditionierung über unterschiedliche Produktionsverfahren bis hin zur Nachbearbeitung additiv gefertigter Produkte aufgebaut werden. Dabei spielt auch die Kombination von additiven und konventionellen Technologien eine entscheidende Rolle. Das Zentrum ist eine Anlaufstelle für Entwickler, Unternehmer und Studierende und ein Informations- und Projektzentrum für KMU in Baden-Württemberg. ■

»Vorhandene Kräfte bündeln, neue Verfahren ansiedeln«

Andreas Wolf, in den Jahren 1991 bis 1998 beim Fraunhofer IPA im Bereich Robotersysteme tätig, entwickelt mit seinem Unternehmen »robomotion« industrielle Automatisierungslösungen. Dass sein Herz noch immer für das Stuttgarter Institut schlägt, erkennt man daran, dass er gemeinsam mit der IPA-Abteilung Additive Fertigung den gleichnamigen Themenschwerpunkt vorantreibt.

An welche Anekdote beim Fraunhofer IPA erinnern Sie sich gern zurück?

Zu meiner Zeit waren Professor Warnecke und Professor Schraft Institutsleiter des IPA. Herr Schraft war eher der Innenminister und Herr Warnecke der Außenminister und somit viel unterwegs. Wenn man eine neue Idee hatte, dann musste man sich bei Herrn Warnecke ins Auto setzen, mitfahren und die Idee vorstellen. Das habe ich dann auch so gemacht und erhielt von ihm direkt einen Freibrief. Sein Satz »Machen Sie mal!« war für mich Ansporn und Vertrauen zugleich, um zwei Jahre später Ergebnisse zu präsentieren, die mit der Industrie weiterentwickelt werden konnten.

Was zeichnet aus Ihrer Sicht die angewandte Forschung aus?

Zum einen ist die Universitätsnähe ein großer Vorteil. Zum anderen kommen neueste Erkenntnisse schnell in die Umsetzung, wenn sie einen hohen Praxisbezug haben. Der Bedarf an angewandten Forschungsleistungen ist vor allem im Mittelstand hoch, da hier oft die Infrastruktur und das Personal fehlen, um sich damit ausreichend beschäftigen zu können.

Kommen wir zum Zentrum für Additive Produktionstechnologien, das unter dem Dach des Campus für Personalisierte Produktion am Standort Stuttgart entstehen soll. Welche Rolle spielen Sie hier?

Aufbau einer Roboteranlage zur Verpackung von Snackwürsten.



*Dr.-Ing. Andreas Wolf
Geschäftsführer robomotion GmbH*



Quelle: robomotion

Ich sehe mich als Industriepartner, der zum einen dabei ist, wenn die industrierelevanten Themen definiert werden, und zum anderen als Brückenbauer, um Industriekontakte zu vermitteln – allen voran aus dem mittelständischen Maschinenbau.

Wo kann das Fraunhofer IPA bereits heute bei der additiven Fertigung punkten?

robomotion GmbH

Das Unternehmen arbeitet an der Schnittstelle von Maschinenbau und Robotertechnologie und integriert kundengerecht Roboter in bestehende Systeme oder berät bei der Auslegung und Planung neuer Anlagen. Schwerpunkt ist die Verpackungs- und die Kunststoffbranche. Darüber hinaus entwickelt es Software zur Steuerung der Roboter und vergibt Lizenzen für Eigenentwicklungen. Als eines von drei Start-ups war robomotion im Jahr 2007 für den Deutschen Gründerpreis nominiert.

Bereits vor mehr als 20 Jahren beschäftigte sich das IPA mit dieser Thematik. Zu diesem Zeitpunkt wurde mit dem Anwenderforum, das es noch heute gibt, eine Plattform geschaffen, die zum Austausch für Hersteller, Nutzer und eben Wissenschaftler diente. Grundsätzlich bietet das IPA neben einer tollen Infrastruktur produktionstechnisches Know-how entlang der gesamten additiven Fertigungskette. Aber vor allem die Automation rund um additiv gefertigte Bauteile – seien sie aus Kunststoff oder Metall – wird in den nächsten Jahren erheblichen Forschungs- und Entwicklungsbedarf generieren.

Was können Sie abschließend zur Entwicklung von Greifern für Trüffelpralinen sagen?

Hier ging es um Versuchsverfahren und Konstruktionsweisen, die wir zusammen mit Fraunhofer entwickelt und aufgebaut haben. Ein Schwerpunkt lag auf lebensmittelgerechten Beschichtungs- und Handling-Prozessen, die strikten Normvorgaben genügen und für hohe Stückzahlen funktionieren müssen. Angewendet haben wir das in einem Projekt zum automatischen Verpacken von Trüffelpralinen. Der Greifer darf das Produkt nicht beschädigen, sollte es aber auch nicht bei der Handhabung aus den Fingern verlieren. ■

IPA-Ausgründer erhält Preis für additiv gefertigten Prothesenfuß

Noch vor gut eineinhalb Jahren beschäftigte sich Jannis Breuninger in der Abteilung »Biomechatronische Systeme« mit Themen wie additive Orthopädie und kostengünstige Prothesenherstellung durch FDM-Druck. Sein Wunsch, etwas Eigenes zu gründen, mündete in dem vom IPA unterstützten Spin-off »Elfenbein«, das sich im Herbst 2016 erfolgreich mit dem Prothetik- und Orthetik-Spezialisten Mecuris, einer Ausgründung des Klinikums der Universität München (LMU), zusammenschloss. Ziel des Unternehmens ist es, die Gesundheitsversorgung mit individuellen orthopädischen Hilfsmitteln zu vereinfachen.

Der erste gemeinsame Clou ließ nicht lange auf sich warten: Im Rahmen der Messe formnext nahmen Mecuris-CEO Manuel Opitz und der neue Head-of-Product-Development Jannis Breuninger den 1. Preis der Purmundus Challenge 2016 entgegen.

Prämiert wurde das Projekt »Firststep/Kinderfuß«, bei dem es um individuelle, additiv gefertigte Prothesenfüße für Kinder geht. ■



Leichtbauteile aus dem 3D-Drucker

Kontinuierlich faserverstärkter Kunststoff (FVK) wird in der Industrie immer beliebter. Mit seinen vorteilhaften Eigenschaften – hohe Festigkeit bei wenig Gewicht – macht der Werkstoff Maschinen und Anlagen, Windkrafträder oder Flugzeuge leistungsfähiger. Einen Nachteil haben FVK-Bauteile aber noch: Sie lassen sich nur schwierig herstellen und instandsetzen. Hier könnte additive Fertigung künftig helfen. Unter der Leitung der Fraunhofer Projektgruppe Regenerative Produktion in Bayreuth forscht das Kooperationsnetzwerk »3D Composite Print« an neuen Lösungen.

Die meisten FVK-Bauteile werden in Formwerkzeugen gefertigt. Deren Produktion ist zeitintensiv und teuer. Außerdem müssen die Bauteile manuell in der Form abgelegt und laminiert werden. »Da Firmen oft nur kleine Stückzahlen benötigen, lohnt sich eine automatisierte Herstellung nicht«, erklärt Joachim Kleylein, Gruppenleiter der Fraunhofer-Projektgruppe. Mit Technologien der additiven Fertigung lassen sich Bauteile schneller herstellen und instandsetzen. Dafür ist allerdings ein breites Kompetenzspektrum erforderlich, das vor allem kleine und mittlere Unternehmen (KMU) selten abdecken. Notwendig ist zum Beispiel Expertise in der Bauteilherstellung, in der additiven Fertigung, der Steuerungs- und Antriebstechnik und der Software.

Kooperation deckt FVK-Wertschöpfungskette komplett ab

Hier schafft das im November 2015 gegründete Kooperationsnetzwerk »3D-CP« Abhilfe. Bis heute sind zehn Unternehmen aus ganz Deutschland beigetreten, die alle Stufen der FVK-Wertschöpfungskette abdecken. »Mit dabei sind unter anderem robotiv aus Bayreuth, die Faserverbundspezialisten von ZCK aus Kulmbach, die acad Prototyping GmbH aus Heilsbronn oder die Materialentwickler Rheneon aus Miellen sowie 3dk aus Berlin«, informiert Markus Kafara, der das Kooperationsnetzwerk managt. Im Verbund lassen sich Projekte realisieren, für die einzelne Unternehmen nicht imstande wären. »Wir legen den Fokus auf die Industrietauglichkeit der Anlagen, sodass diese in die konventionelle Produktion eingebunden werden können«, erklärt er. Denkbar sei auch, Instandsetzun-



Das Netzwerk »3D Composite Print« entwickelt unter Leitung des Fraunhofer IPA neue Lösungen, um FVK-Bauteile mit 3D-Druck kostengünstig herzustellen.

gen direkt am Produkt mit einem mobilen 3D-Drucker durchzuführen. »Dafür müssten Autos oder Kleinflugzeuge nicht mehr in die Werkstatt fahren, sondern die Werkstatt könnte zum Produkt kommen«, fährt der Netzwerkmanager fort.

Finanziert wird das Kooperationsnetzwerk vom Bundesministerium für Bildung und Wirtschaft (BMW) im Rahmen des Zentralen Innovationsprogramms Mittelstand (ZIM). Im Februar 2017 ging das Projekt mit einer neuen Förderung in die zweite Phase. Hier geht es darum, die bisher entwickelten Projektideen umzusetzen und Forschungsanträge dafür einzureichen. Unter anderem will das Netzwerk die Reproduzierbarkeit, Qualität und Geschwindigkeit der Technologien verbessern. Interessierte Forschungseinrichtungen und Unternehmen aus allen Branchen dürfen dem Netzwerk jederzeit beitreten. Außerdem haben interessierte Partner die Möglichkeit, das 3D-CP-Kooperationsnetzwerk auf der Fachmesse Rapid.Tech vom 20. bis 22. Juni in Erfurt zu treffen. ■

Kontakt

Markus Kafara
 Telefon +49 921 78516221
 markus.kafara@ipa.fraunhofer.de
 Fraunhofer Projektgruppe Regenerative Produktion
 Universitätsstraße 9 | 95447 Bayreuth



Hybride Lösungen in Keramik

Fraunhofer
IPA

Keramik hat viele herausragende Eigenschaften, die das Material als Werkstoff für technische oder medizinische Anwendungen interessant machen. Jeder kann sich selbst ein Bild von diesen Qualitäten machen: Die Kochplatte des Küchenherds aus Glaskeramik übersteht einen Temperaturschock von 750 Grad unbeschadet und verzieht sich dabei nicht einmal, die Keramik des Kamins macht selbst bei 2500 Grad noch eine gute Figur. Und die Zahnkrone aus Keramik ist hart und stabil genug, um Nüsse und Fleisch jahrelang zu zermahlen. Hohe mechanische Festigkeit, geringe thermische Ausdehnung, große Härte sowie gute Verträglichkeit im menschlichen Körper zeichnen den Werkstoff aus. Doch die heute üblichen Herstellungsverfahren sind aufwendig und teuer. Außerdem stoßen sie rasch an ihre Grenzen, was die herstellbare Geometrie angeht. Einzelstücke wie Zahnimplantate oder Kleinserien sind nur zu hohen Kosten möglich und an komplexe Geometrien ist gar nicht zu denken.

Additive Fertigung von keramischen Bauteilen

Die additive Fertigung bietet einen vielversprechenden Ausweg. Im Labor des Fraunhofer IPA steht eine eigens entwickelte Anlage für die additive Fertigung keramischer Bauteile, die zeigt, wie es gehen kann. Die Arbeitsfläche beträgt 10 mal 10 Zentimeter und ist damit ausreichend für viele Anwendungen. Die

funktionalen Elemente der Maschine liegen hinter Glas, sodass sich die Arbeitsweise gut studieren lässt.

Im ersten Schritt wird eine Dosiereinheit – eine Breitschlitzdüse für effizienten Materialauftrag oder mehrere Dispensventile für Multi-Materialstrukturen – über die Arbeitsfläche bewegt. Sie trägt eine dünne Schicht einer hochviskosen Suspension auf. Diese besteht aus einem Keramikpulver, meist Aluminiumoxid oder Zirkonoxid, einem monomeren Stützmittel sowie einem sogenannten Photoinitiator – einer chemischen Verbindung, die nach Absorption von UV-Licht die Aushärtung in Sekundenbruchteilen startet.

In der Rückbewegung der Einheit glättet eine rotierende Stahlrolle die Oberfläche und trägt überschüssiges Material ab. Die Schichtdicke lässt sich zwischen 15 und 100 Mikrometern einstellen. Schließlich senkt sich eine UV-Lampe herab und härtet die Suspension selektiv aus, indem die Monomere zu polymeren Ketten vernetzt werden. Unverfestigte Bereiche bleiben flüssig und dienen als Stützmaterial für weitere Schichten. So entsteht Schicht für Schicht ein dreidimensionales Gebilde bis zu einer Höhe von 10 Zentimetern.

Ist der sogenannte Grünkörper – ein ungesinterter Rohling – fertig, geht es weiter wie bei konventionellen Verfahren: Das

polymere Stützmittel wird ausgebrannt und das Werkstück schließlich bei noch höheren Temperaturen zu einer festen Keramik gesintert. Die Entwicklung solcher Anlagen und Versuchsstände sowie die Modifikation entsprechender Fertigungsprozesse bilden einen Schwerpunkt im Leistungsportfolio des Fraunhofer IPA.

Funktionsintegration durch hybride Prozessketten

So elegant der Drucker vorgeht und so vielseitig er sich einsetzen lässt, alle Anforderungen können nicht erfüllt werden. Vor allem arbeitet er – noch – nicht mit der gewünschten Präzision, sodass die Bauteile in mancher Hinsicht mit herkömmlich hergestellten nicht mithalten können. Doch dieses Manko lässt sich kompensieren, sodass der Drucker wieder im Vorteil ist. Der Trick: Die IPA-Experten nutzen das gedruckte keramische Bauteil als Basis und integrieren andere Werkstoffe und Bauteile, die mit konventioneller Technologie entstanden sind. Beispielsweise werden elektrische Leiterbahnen aufgetragen oder Metallinlays auf die Keramik gelötet, die für die benötigte Genauigkeit sorgen. Um sie fest mit der Keramik zu verbinden, mussten die Forscher lange tüfteln, bis sie schließlich eine geeignete Lotpaste gefunden haben. Bei Temperaturen um 700 Grad verbindet sie Metall und Keramik zu einer festen Einheit. Die Kupferinlays lassen sich anschließend mit Präzisionsdreh- oder -fräsverfahren so bearbeiten, dass exakt ausgerichtete Oberflächen mit korrekten Neigungen entstehen. Um zum gewünschten Ergebnis zu kommen, durchläuft das Bauteil also eine ganze Reihe unterschiedlicher Fertigungsschritte, in der additive und konventionelle Technologien zu einer maßgeschneiderten, hybriden Prozesskette kombiniert werden.

Optisches Gerät als Anwendung

Was diese Vorgehensweise alles möglich macht, haben Fraunhofer IPA und IOF mit einem Bauteil für ein optisches Gerät gezeigt. Die Anforderungen waren extrem hoch. Vor allem musste der Aufbau hochpräzise sein, damit sich in den Strahlengang der Optik keine Fehler einschleichen. Schon Abweichungen von Bruchteilen eines Millimeters hätten fatale Folgen. Zudem sollte das Bauteil möglichst leicht und steif sein, weil es für einen möglichen Einsatz im Weltraum gedacht ist. Wegen der hohen Temperaturschwankungen im All war Keramik der Werkstoff der Wahl. Auch auf der Erde bevorzugt jeder Experte, der mit Optik zu tun hat, dieses Material, da es eine geringe thermische Ausdehnung besitzt. Zusätzlich sorgen wabenförmige Leichtbaustrukturen in der



Additiv gefertigter Grünkörper aus Zirkonoxid (links); fertiges Bauteil nach dem Sintern (rechts).

Keramik für effiziente Materialverwertung und Kühlkanäle, die sich durch das Material ziehen, für lokale Wärmeabfuhr. Diese komplexe und funktionsintegrierte Geometrie ist nur mit generativer Vorgehensweise möglich.

Perspektiven keramischer Anwendungen

Natürlich eignet sich Keramik nicht nur für optische Geräte. Auch gedruckter Zahnersatz ist ein interessanter Anwendungsfall, da es sich grundsätzlich um Einzelstücke handelt, die in Form und Farbe individuell sind, sowie in Stückzahl 1 benötigt werden. Auch hier hat das Stuttgarter Team Vorarbeit geleistet. Die Anforderungen waren allerdings ganz anders gelagert. Ein natürlicher Zahn ist nicht nur individuell gefärbt, sondern auch inhomogen aufgebaut: außen hart, innen weich. Den Experten ist es gelungen, diesem natürlichen Vorbild nahe zu kommen. Denn der IPA-Drucker verfügt über die Möglichkeit, mehrere Materialien innerhalb einer Schicht zu verarbeiten. Auf diese Weise lassen sich inhomogene Werkstücke oder gar graduell abgestufte, also gradierte Übergänge verwirklichen. Auf diese Weise können die mechanischen sowie die optischen Eigenschaften natürlicher Zähne imitiert werden.

In laufenden und zukünftigen Forschungsvorhaben verfolgen die Wissenschaftler das Ziel, die Effizienz der entwickelten Anlage sowie die Qualität der Produkte weiter zu verbessern und keramischen Komponenten neue Anwendungsfelder zu erschließen. *Klaus Jacobjdw* ■

Kontakt

Patrick Springer | Telefon +49 711 970-1996
patrick.springer@ipa.fraunhofer.de

Fabrik im Container

Der Name ist Programm. Das Projekt heißt CassaMobile, das italienische Wort für Container. Es handelt sich um einen echten Container, und der steht derzeit auf dem Stuttgarter IPA-Gelände, grün-weiß lackiert, mit einer Tür an der Stirnseite. Seine Abmessungen sind so gewählt, dass er gerade noch ohne Eskorte über die Straßen gefahren werden kann. Von außen wirkt der Container unscheinbar, doch der Clou steckt im Inneren: Hinter den Metallwänden verbirgt sich eine smarte Mini-fabrik, die man überall hin transportieren kann. Sie ist in der Lage, mit 3D-Druck maßgeschneiderte Produkte innerhalb kürzester Zeit direkt vor Ort herzustellen.

Flexibel und modular

Gerade weil die Fabrik so klein ist, punktet sie mit zahlreichen Vorzügen. Ihr kompaktes Format ermöglicht es, sie auf einen Lastwagen zu verladen und zum gewünschten Standort zu fahren. Lediglich zwei geschulte Mitarbeiter sind für den Aufbau erforderlich. Danach ist die Fabrik schon betriebsbereit. Unternehmen brauchen ihr Equipment nur einmal anschaffen und können es dort einsetzen, wo sie es benötigen. Das spart Geld und schont die Umwelt.

Entscheidend für den Erfolg der Mini-Fabrik ist ihr modularer Aufbau. Alle Komponenten des Produktionssystems verfügen über standardisierte IT-Schnittstellen. Dafür war zwar eine ganze Menge Tüftelei notwendig, aber der Aufwand hat sich gelohnt. Dem Anwender steht eine Bandbreite an Modulen zur Verfügung, die alle klar definierten Vorgaben entsprechen und flexibel kombinierbar sind. Je nach Bedarf kann er sich

Blick ins Innere: Modulares und intelligent vernetztes Fertigungssystem auf kleinster Fläche.

die gewünschten Lösungen zusammenstellen und direkt loslegen. Im Prinzip lassen sich auch andere Maschinen integrieren. Die müsste man erst noch passgenau entwickeln, aber mit den bekannten Schnittstellen ist das einfach zu realisieren. Die Plug&Produce-Architektur ermöglicht es auch, die Prozesskette flexibel abzuändern oder zu erweitern. Es ist auch denkbar, Module ganz wegzulassen und den Platz anderweitig zu nutzen, zum Beispiel als Verkaufs- oder Ausstellungsfläche. Der Gestaltungsphantasie sind kaum Grenzen gesetzt. Das macht die Fabrik ungeheuer vielseitig.

Smarte Komponenten

Auch beim Thema Intelligenz ist die Mini-Fabrik vielen klassischen Varianten einen Schritt voraus. Jedes Modul verfügt über ein eigenes Steuergerät, mit dem es sich selbstständig konfigurieren kann. Für die Steuerung des gesamten Produktionssystems sorgt ein zentraler Rechner, an den alle Komponenten angebunden sind. Ein automatisierter Greifer bringt die Werkstücke von A nach B. Die Mini-Fabrik kann damit völlig autark, ohne menschliches Einwirken, ihren Aufgaben nachgehen. Der Container bleibt verschlossen. Industrie 4.0 ist hier schon Wirklichkeit geworden. Alternativ kann auch ein Techniker Hand anlegen und die Bauteile von Station zu Station befördern. Die Geräte laufen allesamt unter Reinraumbedingungen. Diese Vorkehrung stellt sicher, dass auch kontaminationsempfindliche Produkte regelkonform gefertigt werden können. Für die nötige Aufbereitung der Luft sorgt eine im Container integrierte Anlage.

3D-gedruckte Einzelstücke

Ein entscheidendes Modul, das bei der Mini-Fabrik auf dem Fraunhofer-Campus in Stuttgart verbaut wurde, ist ein am IPA entwickelter 3D-Drucker. Ohne die Technologien der additiven Fertigung wäre das Projekt längst nicht so innovativ, denn schließlich sollen die Marktanforderungen der Zukunft – personalisierte Produkte in kleinen Stückzahlen – erfüllt werden. Das 3D-Druckmodul arbeitet nach dem FDM-Verfahren (Fused Deposition Modeling), bei dem eine Kunststoffschnur (Filament) aufgeschmolzen und linienförmig abgelegt wird. Zu den Besonderheiten des Moduls gehört ein System zur Qualitätsüberwachung. Eine Kamera überwacht den Druckvorgang und hilft, Fehler sofort zu korrigieren. Das reduziert Ausschuss, verbessert die Qualität und spart aufwendige manuelle Kontrollen.



Um mit der Mini-Fabrik gebrauchsfertige Produkte herzustellen, braucht es freilich mehr als den 3D-Drucker. In den Container passen insgesamt sechs Produktionsmodule, die nebeneinander stehen und digital vernetzt sind. Exakt 70 Zentimeter Breite stehen für jedes Modul zur Verfügung. Schienen, um die Geräte bequem in die Nischen schieben zu können, hat der Container immer dabei. Derzeit steht der Drucker ganz links. Auf ihn folgen eine CNC-Fräse für die Nachbearbeitung, sowie ein Montagemodul, eine Reinigungseinheit und eine Vorrichtung zum Sterilisieren und Verpacken.

Anwendungsszenarien

Die bereits realisierte Mini-Fabrik demonstriert drei Anwendungsfälle: Knochenbohrschablonen, Fußorthesen und Industriegreifer. Knochenbohrschablonen sind bei komplizierten Brüchen nötig, die verschraubt werden. Der Chirurg muss die Schrauben dort platzieren, wo sie nicht nur die Knochenstücke zusammenhalten, sondern auch den nötigen Halt finden, wo also genug Knochenmasse vorhanden ist. Mit Hilfe von Röntgenbildern lassen sich diese Punkte festlegen. Damit der Chirurg auch genau dort bohrt, legt er eine Schablone direkt auf den Knochen. Dieses Kunststoffteil ist ein Einzelstück, exakt zugeschnitten auf den jeweiligen Patienten. Die Fußorthesen und Einlagen, das zweite Einsatzgebiet, sind ebenfalls Maßanfertigungen. Und natürlich auch die Industriegreifer, die nötig sind, wenn eine Fabrik die Produktion umstellt. Innerhalb von Stunden sind die geordneten Teile gedruckt, gesäubert und, falls nötig, sogar steril verpackt. Einen ausführlichen Produktionsbericht gibt es obendrein.

Erste Schritte auf den Markt

Dass ein großer Bedarf für die flexible Mini-Fabrik besteht, hat sich auf Messen gezeigt. »Alle waren begeistert«, sagt IPA-Projektleiter Christian Seifarth. Natürlich sind die relativ hohen

Große Bandbreite an möglichen Produkten: von der Automatisierungskomponente über orthopädische Produkte bis hin zum chirurgischen Hilfsmittel.



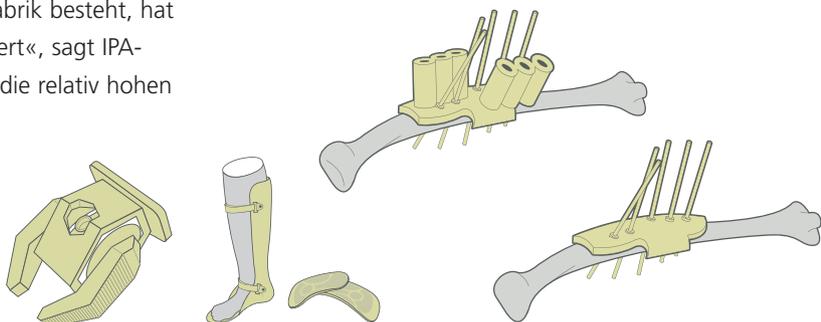
Kosten für kleine Unternehmen ein harter Brocken.

In der jetzigen Konfiguration wären etwa eine Million Euro fällig. Aber für große Firmen lohnt sich die Investition. Betriebe aus der Luft- und Raumfahrt haben ebenso Interesse gezeigt wie das Militär, das ohnehin auf Mobilität angewiesen ist. Natürlich sind vor allem Kliniken potenzielle Kunden. Bei einem Notfall müssen Ärzte dann nicht mehr tagelang auf maßgeschneiderte Hilfsmittel warten. Ob der smarte Container zum Bestseller avanciert, wird sich in den kommenden zwei Jahren zeigen.

An dem Projekt, das von der EU gefördert wurde, beteiligten sich zwölf europäische Unternehmen und Institute, die Federführung hatte das IPA. Mehr als fünf Dutzend Ingenieure kooperieren dabei. Im letzten August, nach drei Jahren Forschungsarbeit, hätte das Konsortium eigentlich seine Arbeit einstellen sollen. Doch die mobile Fabrik hat so großen Anklang gefunden, dass die Partner ohne öffentliche Gelder weitermachten und sich nun um die Vermarktung kümmern. Unternehmen können sich ihren Container über das Konsortium bestellen. *Klaus Jacobrlh* ■

Kontakt

Raphael Adamietz
Telefon +49 711 970-1138
raphael.adamietz@ipa.fraunhofer.de



Projekt ReApp: Robotersysteme effizienter und flexibler einsetzen

Das zentrale Vorhaben des Projekts ReApp war, Robotersysteme auch für Produktionen mit niedrigen Stückzahlen wirtschaftlich realisierbar zu machen. Möglich wird dies mit neuen Softwarekomponenten, die Unternehmen flexiblere und wiederverwendbare Lösungen bieten. Jetzt haben die Projektpartner, darunter Forschungseinrichtungen, Technologiepartner und Endanwender unter der Koordination des Fraunhofer IPA, ihre Ergebnisse vorgestellt.

Ein effizienterer Robotereinsatz mit kürzeren Rüstzeiten und einer besseren Wiederverwendbarkeit von einmal entwickelten Produktionsprozessen ist das Hauptziel, das die Projektpartner in ReApp adressiert haben. Sie reagieren damit auf Anforderungen, die mittelständische Unternehmen an Robotersysteme haben. Diese Unternehmen produzieren überwiegend auf Auftragsbasis, sodass sich die bisher meist zeit- und kostenintensive Inbetriebnahme und Programmierung von Robotersystemen nicht immer rentiert. Und auch Unternehmen mit Großserienproduktionen müssen zunehmend flexibel auf Produktvarianten reagieren und damit verbundene Anpassungen des Robotersystems schneller umsetzen können.

Projektinformationen

Projekttitle: ReApp – Wiederverwendbare Roboterapplikationen für flexible Roboteranlagen basierend auf ROS-Industrial

Laufzeit: 1. Januar 2014 bis 31. Dezember 2016

Förderung: Das Projekt wurde vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) im Rahmen des Technologieprogramms »AUTONOMIK für Industrie 4.0« gefördert.

Projekträger: Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt DLR

Forschungspartner: fortiss gemeinnützige GmbH, FZI Forschungszentrum Informatik, Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA (Koordination)

Technologiepartner: fluid Operations AG, Industrielle Steuerungstechnik GmbH (ISG), InSystems Automation GmbH (INSYSTEMS), Ruhrbotics GmbH, SICK Ag

Endanwender: BMW, Dresden elektronik ingenieurtechnik GmbH, Fischer IMF GmbH & Co. KG (Adval Tech Holding AG)

Weitere Informationen: www.reapp-projekt.de

Bisher schränken die stark heterogene Landschaft der Robotik- und Automatisierungskomponenten, unterschiedliche Roboterprogrammiersprachen sowie fehlende Schnittstellenstandards die gewünschte Flexibilität ein. »Um diese Hindernisse zu überwinden, haben wir in ReApp, ähnlich zum Android-System für Smartphones, ein »Ecosystem« für die Robotik geschaffen«, erklärt Dr. Ulrich Reiser, Projektkoordinator am Fraunhofer IPA. »Damit soll der gesamte Entwicklungsprozess von roboterbasierten Automatisierungsanlagen neu strukturiert werden.«

Einmal entwickeln, mehrfach verwenden

Zu den Projektergebnissen zählen wiederverwendbare Apps für Roboter. Diese Apps basieren auf dem Robot Operating System (ROS) und sind bspw. für die kollisionsfreie Bahnplanung oder Lötprozesse nutzbar. Ein weiteres Ergebnis ist die Entwicklungsumgebung »ReApp Workbench«, mit der Apps modelliert werden können. Dies reduziert Programmieraufwände, weil z. B. Programmstrukturen sowie Eingabe-/Ausgabe-Schnittstellen automatisch erstellt werden. Einmal entwickelte Fähigkeiten bis hin zu kompletten Prozessabläufen lassen sich so wiederholt nutzen und zu neuen Anwendungen zusammensetzen. Die »ReApp Ontologie«, eine Art Katalog mit Grundkategorien und davon abgehenden Unterkategorien, ermöglicht eine flexible Klassifikation von Apps, Komponenten



Im Rahmen von ReApp hat das Fraunhofer IPA einen Demonstrator für das »Picken vom Band« entwickelt.

und Fähigkeiten, damit diese schnell auffindbar sind. Ein weiterer Vorteil ist, dass die Apps durch die semantische Auszeichnung in der Entwicklungsumgebung gleich bei der Erstellung formal geprüft werden. So lassen sich ROS-Softwarekomponenten auch ohne wesentliche ROS-Kenntnisse nutzen. Die Apps stehen dann in einem App-Store bereit.

Ein Systemintegrator im App-Store könnte beispielsweise die semantische Problemstellung »Picken vom Band« eingeben und erhält dann passende Apps für diese Anwendung. Zudem kann er mithilfe eines Editors die Apps anpassen, erweitern oder für seine Anwendung parametrieren. Ergänzend zu Apps für das Picken vom Band ist unter anderem auch eine Komponente »Line Tracking« auswählbar, die die Geschwindigkeit des Bands bestimmt. Weiterhin zählt zu den ReApp-Ergebnissen eine standardisierte Ausführungsumgebung, die sogenannte Integrationsplattform. Dies ist ein Software-System in der Roboterzelle, das für unterschiedliche Applikationen, Roboter, Sensoren und Steuerungen die jeweils erforderlichen Softwarekomponenten automatisch bereitstellt und konfiguriert. Eine cloudbasierte Simulationsumgebung ermöglicht Entwicklern, neue Apps gefahrlos und ressourcenschonend zu testen.

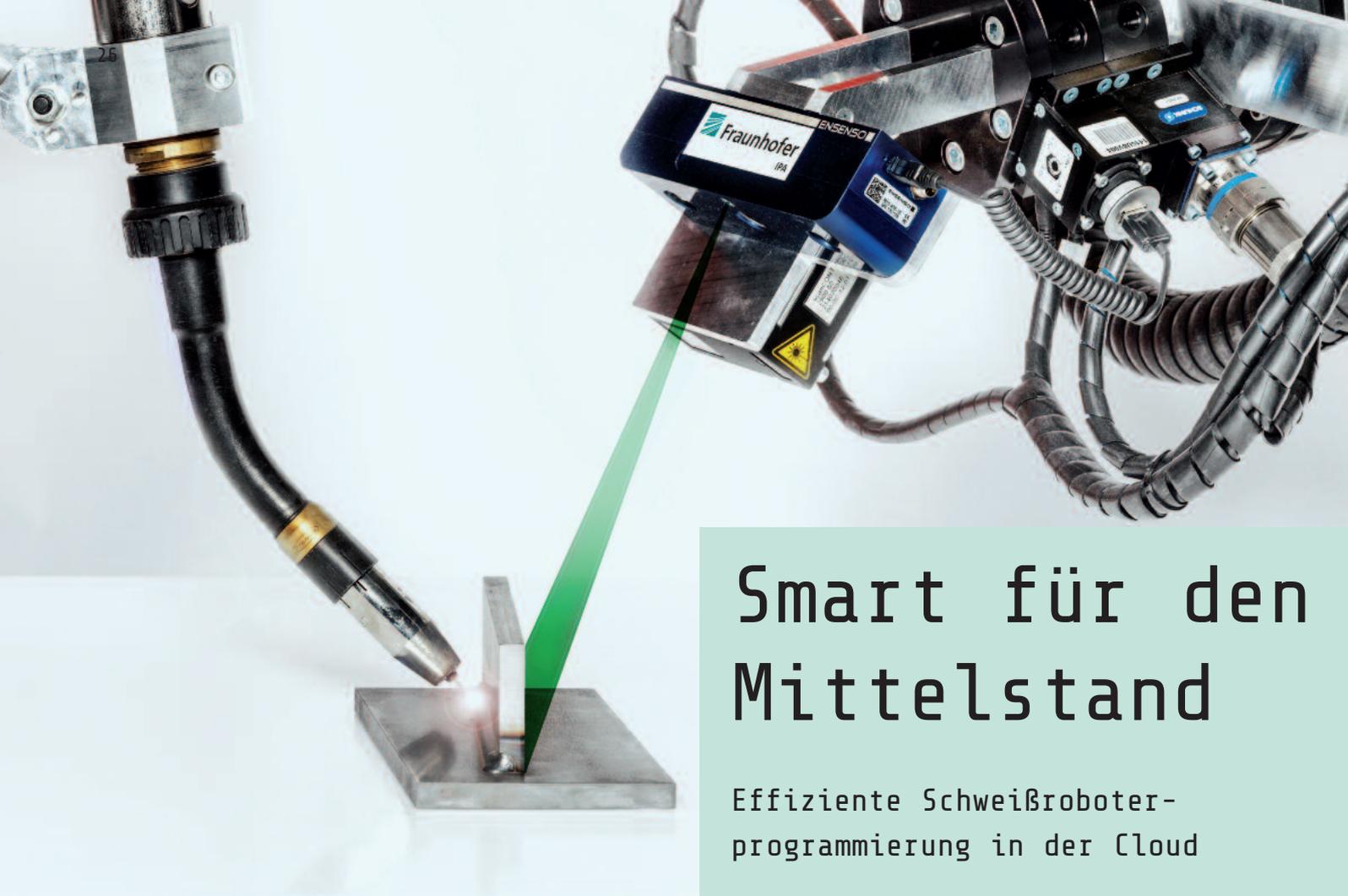
Präsentation der Ergebnisse

Im Projekt sind mehrere Demonstratoren entstanden, um die Lösungen zu validieren. Ein Demonstrator für die Automobilindustrie und ein weiterer für die Elektronikfertigung wurden 2016 bereits auf Messen gezeigt. Zudem stellten die Projektpartner ihre Ergebnisse in Veranstaltungen verschiedenen Firmen vor. Die Ergebnisse werden Grundlage kommender Forschungsprojekte sein und so beispielsweise für Weiterentwicklungen in der Servicerobotik genutzt werden. ■

Die Entwicklungsumgebung ReApp Workbench ist allen Interessierten über die Projekt-Homepage zugänglich.

Kontakt

Dr. Ulrich Reiser
Telefon +49 711 970-1330
ulrich.reiser@ipa.fraunhofer.de



Smart für den Mittelstand

Effiziente Schweißroboterprogrammierung in der Cloud

Signifikant reduzierter Programmieraufwand, intuitive Bedienung über einen Tablet-PC und die Möglichkeit, die Software als Cloud-Service zu nutzen: Dies bietet die neue innovative und für beliebige Robotermodelle nutzbare Software für die Schweißroboterprogrammierung vom Fraunhofer IPA. So können auch mittelständische Betriebe eine wirtschaftliche Automatisierungslösung für Schweißaufgaben realisieren und ihre Wettbewerbsfähigkeit stärken.

Roboter werden bereits heute erfolgreich für die Fertigung von Schweißbauteilen in der Großserienproduktion eingesetzt. In kleinen und mittelständischen Unternehmen (KMU) mit kleinen Losgrößen und wechselnden Produktvarianten hingegen führen meist Facharbeiter die Schweißprozesse manuell aus. Roboter sind hier aufgrund des hohen Programmieraufwands oft zu unflexibel und nicht wirtschaftlich einsetzbar. Zudem müssen sie sich in KMU in unstrukturierten Arbeitsumgebungen zurechtfinden und auf Bauteilabweichungen reagieren können.

Schweißroboter folgt dem menschlichen Vorbild

Die Software des Fraunhofer IPA adressiert genau diese Herausforderungen. Sie stattet den Roboter mit kognitiven Fähigkeiten aus, die ihn ähnlich wie einen Facharbeiter »agieren« lassen. Mittels 3D-Sensorik und intelligenter Auswertelgorithmen erhält er zum Beispiel die Fähigkeit zu »sehen«. Das Robotersystem erkennt Schweißbauteile, deren Position und mögliche Geometrieabweichungen mit einer Genauigkeit von weniger als 0,2 mm, indem es das reale Schweißteil mit seinem CAD-Modell abgleicht.

Mithilfe einer neuartigen Bahnplanungskomponente generiert der Roboter Vorschläge für die zu schweißende Bahn. Durch die neue, maschinenlesbare Modellierung von Fertigungswissen über den Schweißprozess »weiß« der Roboter, was Schweißen bedeutet und wie z. B. ein Schweißbrenner am Bauteil auszurichten ist. Das Fertigungswissen wird dabei ebenso genutzt, um durch automatische Programmanpassung eine konstante Nahtqualität bei erkannten Schweißspalten oder Formabweichungen zu erreichen. Der Facharbeiter kann den Prozess in einer 3D-Visualisierung auf einem Tablet-PC überwachen und unter anderem die vorgeschlagenen Schweißnähte auswählen und sequenzieren.

Automatische Erzeugung des Roboterprogramms in der Cloud

Alle Daten des Robotersystems, wie Roboterpositionen, Sensordaten oder Bedieneingaben, werden in einem digitalen, echtzeitnahen Modell zusammengeführt. Damit können die kollisionsfreie Bahnplanung sowie die automatische Erzeugung von Roboterprogrammen unabhängig vom Robotermodell automatisch durchgeführt werden. Dies erfolgt im Sinne von Industrie 4.0 in der Cloud. Indem hier alle Produktionsschritte in einem virtuellen Modell als digitaler Schatten abgebildet werden, lassen sich zudem Big-Data-Auswertungen zur Qualitäts- und Prozessoptimierung umsetzen.

Wirtschaftliche Lösung für KMU

Dank der Cloud-Lösung können KMU auch ohne eigene Software-Infrastruktur die komplexen Algorithmen und Optimierungsverfahren anlagenübergreifend nutzen. Ebenso werden neben dem Lizenzwerb neue Geschäftsmodelle wie zum Beispiel »Pay-per-use« möglich, bei dem Unternehmen nur die tatsächliche Softwarenutzung zahlen.

Zudem können durch die hochgenaue sensorielle Erfassung der Werkstücke aufwendige Schweiß-Vorrichtungen entfallen. Gleichmaßen dient die deutlich reduzierte Programmierzeit der Wirtschaftlichkeit: Bei Versuchen mit typischen Schweißbauteilen in einer mittelständischen Produktion stellten die IPA-Wissenschaftler das bisher übliche Teach-In-Verfahren dem Programmieren mit der neuen Software gegenüber. Die Programmierzeit reduzierte sich dabei von 200 auf 10 Minuten. Somit wird der Schweißfachmann von Programmieraufgaben entlastet und kann sein Wissen über den Fertigungsprozess optimal einbringen. ■

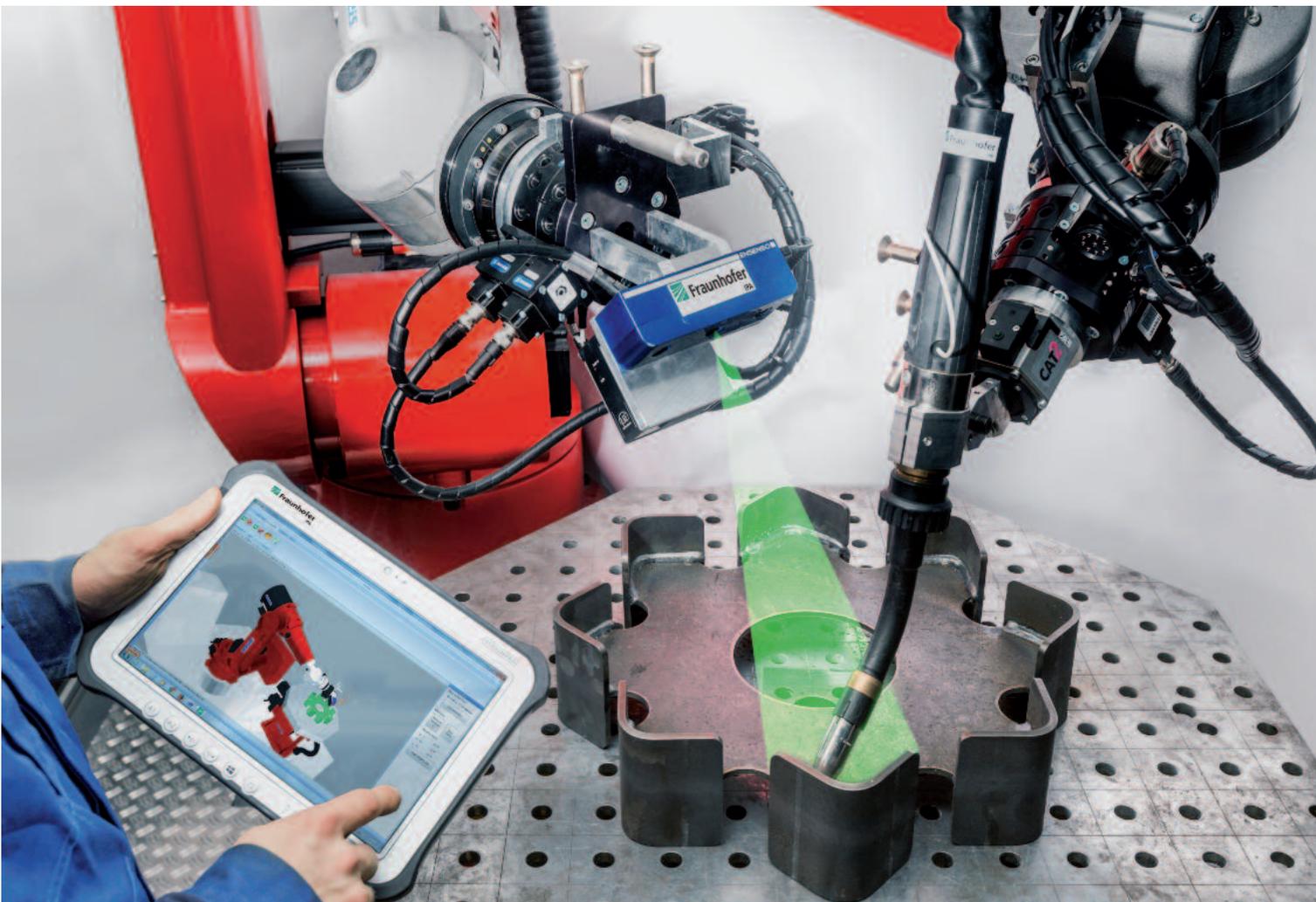
Kontakt

Alexander Kuss

Telefon +49 711-970 1297

alexander.kuss@ipa.fraunhofer.de

Schweißen für Losgröße 1: Die Werkstückerkennung und Programmierung erfolgt weitgehend automatisch und der Werker kann über ein Tablet Anpassungen vornehmen.





Trotz Lähmung
selbst bestimmt gehen

In Deutschland meistern rund 70 000 Querschnittsgelähmte ihren Alltag im Rollstuhl. Ihnen könnte ein neuartiges Exoskelett schon bald auf die Beine helfen. In einem vom BMWi geförderten Projekt hat das Fraunhofer IPA das Gestell »Servus RGS« der Firma ORTHO-SYSTEMS um eine Adaption erweitert, mit der Patienten nicht nur gehen, sondern auch Steigungen von bis zu sieben Grad überwinden können.

ORTHO-SYSTEMS brachte die Anwendung »Servus RGS« schon im Jahr 2012 auf den Markt. Das reziproke Exoskelett aus Hüftgürtel, Spielbeinen und Fußeinheiten ermöglicht es Querschnittsgelähmten, selbstgesteuert zu gehen. Maßgeblich dafür ist ein Beckenrotationshüftgelenk im Hüftgürtel. Sobald der Patient sein Gewicht zur Seite verlagert, löst das Gelenk einen Wippsmechanismus aus und das gegenüberliegende Spielbein kippt nach vorn. Auf diese Weise kann der Patient »reziprok« Schritt für Schritt gehen. Da das System rein mechanisch arbeitet, gibt der Träger Geschwindigkeit und Art der Bewegung selbst vor.

»Servus RGS« soll auch auf unebenem Gelände funktionieren

Eine Schwachstelle gibt es aber noch. Servus RGS ist nur auf flachen Ebenen anwendbar. Sobald der Träger eine größere Steigung betritt, droht er umzukippen. Daher eignet sich das Exoskelett nur für den Gebrauch auf flachen Ebenen. Das sollte sich in einem Projekt mit dem Fraunhofer IPA ändern. Ziel war es, mit dem Hilfsmittel Neigungen von bis zu sieben Grad – die deutschlandweite Richtlinie für Barrierefreiheit – zu überwinden. Dafür sollte das Team um Projektleiter Marius Fabian eine Adaption entwickeln, die die Neigungen erfasst und sicher passiert. Die erweiterte Lösung »Servus RGS Adapt« sollte außerdem kostengünstig sein.

Bei ihrer Adaption statteten die Wissenschaftler die Fußeinheiten des Gehskeletts mit Sensoren, Aktoren und einer dritten Bodenplatte aus. Bei der Sensorik kombinierten sie eine IMU (Inertial Measurement Unit) mit Distanzsensoren. Für Letzteres verwendeten sie Infrarot- und Ultraschallsensoren, die dafür sorgen, dass die Einheit die Untergrundneigung auch bei ungünstigen Lichtbedingungen sicher erfasst. Ein eigens dafür entwickelter Algorithmus ermittelt den Neigungswinkel und berechnet, wie er sich ausgleichen lässt. Als Aktoren dienen zwei Getriebemotoren mit einem speziell von ORTHO-SYSTEMS entwickelten Kreuzgelenk, das die Übersetzung vornimmt. Die



Das reziproke Exoskelett lässt sich in barrierefreien Umgebungen einsetzen.

Linke Seite: Bei »Servus RGS Adapt« haben die IPA-Wissenschaftler das bestehende System ohne Knieeinheit um Sensoren, Aktoren und eine dritte Bodenplatte erweitert.

Gelenkkonstruktion ermöglicht durch eine große Selbsthemmung, die Fußeinheit in der Standphase zu fixieren. Während der Schwungphase wird das Spielbein über die Stellmotoren an den Untergrund angepasst. Mit dieser Methode kann das Exoskelett Neigungen von bis zu sieben Grad überwinden. Patienten sind also in der Lage, sich deutschlandweit in allen barrierefreien Umgebungen fortzubewegen. Das Funktionsmuster des erweiterten Systems wiegt aktuell rund 22 Kilogramm und kostet ca. 28 000 Euro. Damit eignet es sich für viele Patienten und ist für Krankenkassen bezahlbar.

Die Entwicklung geht weiter

Bei Testreihen auf dem Labortisch sowie Gangtests im Labor und im Freien konnten die Stuttgarter Wissenschaftler nachweisen, dass ihre Adaption funktioniert. Nun geht es darum, die Dynamik zu erhöhen. Diese ist mit 0,15 m/s noch eher langsam, lässt sich aber steigern. Darüber hinaus soll das Servus RGS Adapt um einige Funktionalitäten erweitert werden, z. B. selbstständiges Aufstehen und Hinsetzen. Ein Folgeprojekt mit ORTHO-SYSTEMS ist schon geplant. ■

Kontakt

Marius Fabian
Telefon +49 711 970-3642
marius.fabian@ipa.fraunhofer.de

» Industrie 4.0 kann man

Für Johann Soder, Geschäftsführer Technik, Innovation und Produktion bei SEW-EURODRIVE in Bruchsal, steht fest: Wer jetzt nicht die Weichen in seinem Unternehmen für Industrie 4.0 stellt, den erwarten in den kommenden Jahren signifikante Wettbewerbsnachteile. Interaktiv traf den Perfektionisten und sprach mit ihm über Ängste, Potenziale und den langen Weg der Erkenntnis.

Herr Soder, bei SEW-EURODRIVE schaffen Sie Standards. Andere Firmen nehmen sich daran ein Beispiel. Was treibt Sie an?

Ich bin immer auf der Suche nach Neuem. Und gerade Industrie 4.0 ist so ein neues Thema, das mich beschäftigt. Das Tolle ist, dass Unternehmen jetzt die Chance haben, mit Industrie 4.0 ihre Wettbewerbsfähigkeit in den nächsten Jahrzehnten zu stärken.

Klingt nach einer großen Sache ...

Ich habe mir immer wieder die Frage gestellt, ob das, was wir in den vergangenen Jahrzehnten gemacht haben, falsch war. Sprich: Müssen wir jetzt komplett unsere Strukturen neu ausrichten, ganz neue Wege gehen. Und ich bin zu der Erkenntnis gekommen, dass die Erfahrungen aus Lean Management und Computer Integrated Manufacturing aus den 1980er-Jahren heute die Basis dafür sind, um Industrie 4.0 überhaupt erfolgreich umsetzen zu können. Wer also hier seine Hausaufgaben gemacht hat, hat die besten Voraussetzungen.

Wo kann man sich aktuell beim Thema Industrie 4.0 orientieren?

Zurzeit sehe ich, dass sich sehr viele Unternehmen in Deutschland mit diesem Thema beschäftigen. Festo und Bosch beispielsweise. Was wir mehr brauchen sind Umsetzungsbeispiele. Industrie 4.0 ganzheitlich zu verstehen und auf die gesamte Wertschöpfungskette zu übertragen, das ist das erklärte Ziel. Wenn man schaut, wie sich durch die Digitalisierung unsere zukünftige Arbeitswelt verändern wird, dann lassen sich bereits jetzt große Potenziale erkennen.



Welche Umsetzungsbeispiele gibt es in Ihrem Unternehmen und was bringen diese?

Wenn wir nochmal auf Lean zurückblicken und uns vergegenwärtigen, dass hier die Weisheit der vielen genutzt wird, um perfekte Arbeitsprozesse zu erarbeiten, dann kann ich sagen, dass wir bei SEW-EURODRIVE mit Lean ein Potenzial zwischen 30 und 35 Prozent gehoben haben. Wie wertschöpfend Industrie 4.0 ist, testen wir gerade in unserer Schaufenster-

»Wer in Lean seine Hausaufgaben macht, hat die besten Voraussetzungen.«

fabrik in Graben-Neudorf. Durch die Optimierung von Arbeitsabläufen, bei denen Werker in jeder Montagesequenz alle Informationen erhalten, um Losgröße 1 realisieren zu können, haben wir am reinen Montageprozess ein Potenzial von weiteren 15 Prozent gegenüber Lean festgestellt. Weiterhin setzen wir mobile Assistenzsysteme und eine dezentrale intelligente Steuerung ein. Summiert man alles zusammen, dann könnte das Gesamtpotenzial durch Industrie 4.0 langfristig zwischen 40 und 50 Prozent liegen.

nicht befehlen«

Mobiler Handling-Assistent

Ein gemeinsames Projekt von SEW-EURODRIVE und Fraunhofer IPA ist ein mobiler Handling-Assistent für den automatisierten »Griff-in-die-Kiste«. Mit der Software bp3™ können Robotersysteme Werkstücke in Ladungsträgern lokalisieren, sie daraus entnehmen und definiert ablegen. Die Software ist mit verschiedenen Sensoren und unabhängig vom Roboterhersteller nutzbar. Soll das System ein neues Werkstück greifen, kann es hierfür rasch konfiguriert werden. Auch in Industrie-4.0-Szenarien ist die Software integrierbar, was sie schneller einricht- und einfacher wartbar macht.



Solche Zahlen müssten doch deutsche Unternehmen motivieren, Gas zu geben.

Ja, das ist richtig. Und jetzt kommt das Aber: Die treibende Kraft kann nur der Unternehmer selbst, der CEO, der Geschäftsführer, der Manager sein. Und daran hapert es noch. Es ist klar Führungsaufgabe, eine Vision zu entwickeln und konsequent an deren Umsetzung zu arbeiten. Der Unternehmer muss der Treiber sein und das Bild einer Smart Factory zeichnen. Der Ansatz heißt also: die Vision haben, kleine Teile rauslösen, an denen arbeiten, Erfahrungen sammeln, lernen, fühlen, was möglich ist, und sich dann in Richtung Perfektion der Excellence bewegen.

»Potenziale heben gelingt nur, wenn Mitarbeiter zu Beteiligten werden.«

Angenommen, morgen setzen sich alle deutschen Unternehmen an einen Tisch und folgen Ihrem Weg. Wie lange würde es dauern, bis messbare Ergebnisse vorliegen?

Ich glaube, bei physischen Dingen wie Maschinen kann das recht schnell gehen. Da lässt sich in zwei bis drei Jahren einiges bewegen. Aber das ist nur die eine Seite der Medaille. Auf der anderen Seite stehen folgende Fragen: Wie nehmen wir die Menschen mit? Wie begeistern wir Mitarbeiter für Industrie 4.0? Wie nehmen wir ihnen die Angst vor Veränderungen? Das ist eine der Hauptaufgaben, die ich sehe. Und die dauert wesentlich länger. Denn nur, wenn wir es schaffen, die Menschen inhaltlich mitzunehmen, dann wird es uns auch gelingen, die genannten Potenziale zu heben.

Wie nimmt man denn die Menschen mit?

Zum einen muss man sie zu Beteiligten machen. Das heißt, sie müssen selbst erleben, selbst mitgestalten und selbst Erkenntnisse gewinnen. Zum anderen muss man ihnen den Nutzen aufzeigen, der bei der täglichen Leistungserbringung entsteht. Und das wiederum gilt es klar und kontinuierlich zu kommunizieren – bis in den kleinsten Winkel des Unternehmens. Industrie 4.0 kann man nicht befehlen. Industrie 4.0 muss man erleben.

Wie erleben SEW-EURODRIVE-Mitarbeiter Industrie 4.0?

Ich habe die Erfahrung gemacht, dass Mitarbeiter dann offen für Veränderung sind, wenn man ihnen zeigt, dass kreative

Zerstörung dazu beiträgt, etwas Neues zu schaffen, was besser ist als der Status Quo. Ich zeige den Mitarbeitern, wie sie moderne Technik in ihrer Arbeit nutzen können, und wie sie damit künftig nicht härter, sondern intelligenter arbeiten. Auf der letztjährigen Hannover Messe haben wir ein Modell aufgebaut, das sich, Stichwort Gamification, spielerisch dem Thema nähert, vom Konstruktionsbüro bis in die Fabrik hinein individuelle Lösungen zeigt und dabei den Menschen als Dirigent der Wertschöpfung in den Mittelpunkt stellt. Das verinnerlichen meine Mitarbeiter und stehen deshalb mit Begeisterung und Motivation dahinter.

Alles schön und gut, aber Studien belegen, dass durch die Digitalisierung nicht nur neue Jobs geschaffen, sondern auch einige wegfallen werden. Wie argumentieren Sie hier?

Genau diese Diskussion hatten wir bereits bei Lean. Wenn wir die Uhr in die 1990er-Jahre zurückdrehen, da gab es die Annahme, dass sich die Mitarbeiter durch Effizienzsteigerungen selbst wegrationalisieren. Wenn wir noch weiter zurückgehen und uns die Spiegel-Cover der 1960er- und 1970er-Jahre anschauen, auf denen »Automation vernichtet Arbeitsplätze« stand, dann wissen wir heute, dass das nicht eingetroffen ist. Sicher wird es Jobs geben, die durch Industrie 4.0 wegfallen. Andererseits werden durch den demographischen Wandel nicht mehr so viele Arbeitskräfte zur Verfügung stehen, wie das nach den Babyboomer-Jahren des letzten Jahrhunderts der Fall war. Und ich gehe davon aus, dass im Zuge der Globalisierung die Nachfrage und das daraus resultierende Mengenvolumen deutlich steigen werden, was letzten Endes zu mehr Beschäftigung im Hochlohnland Deutschland führen wird.

Autos werden von Google, Mobiltelefone von Foxconn hergestellt. Besteht die Gefahr, dass Deutschland zur verlängerten Werkbank für Silicon Valley oder Fernost werden könnte?

Das ist auch ein Thema, zu dem ich oft gefragt werde und bei dem ich ein Stückweit lächeln muss. Lassen Sie mich ein Beispiel schildern. Kürzlich hielt ich vor 200 Leuten einen Vortrag an der TU in Berlin. Meine Vorrednerin, die aus dem Silicon Valley kam, schwärmte davon, wie innovativ und erfolgreich Tesla sei, und attestierte uns Deutschen, dass wir diese ganze Entwicklung verschlafen würden. Ich saß da, hörte zu und mein Blutdruck stieg von Minute zu Minute. In meinem Vortrag habe ich dann zum Schluss folgende Aussage getroffen: Wir sind zwar ein kleines badisches Familienunternehmen, schreiben aber jedes Quartalsende schöne schwarze Zahlen und haben die Ausdauer, uns aus eigener Kraft weiterzuentwickeln und Investitionen zu tätigen. Im Gegensatz dazu

werden die Zahlen von Tesla von Quartal zu Quartal immer roter. Zusammengefasst: Ich finde den Weg von Tesla bemerkenswert. Und es ist gut, dass ein solch junger Player alteingesessene Märkte wachgerüttelt hat. Aber letzten Endes wird die deutsche Automobilindustrie hier nachziehen und verloren gegangenes Terrain zurückerobern.

»Mit dem Fraunhofer IPA bringen wir neue Dinge auf den Weg.«

Was bedeutet die Energiewende, respektive die E-Mobilität für Ihr Unternehmen, für Ihre Produktpalette?

Ich habe mich in den vergangenen Jahren sehr intensiv mit dem Thema Elektromobilität beschäftigt. Dazu zählen neue Antriebs- und Traktionskonzepte für alle Marken der deutschen Automobilindustrie. In Deutschland sind heute testweise Fahrzeuge mit einem von SEW-EURODRIVE entwickelten E-Antrieb mit 210 KW-Spitzenleistung im Einsatz. Aber ich musste auch erkennen, dass man es als Zulieferer schwer hat, sich in diesem Umfeld zu positionieren. Die aus dieser Projektarbeit gewonnenen Erfahrungen habe ich auf die mobile Intralogistik übertragen, die bei uns im Haus zum Einsatz kommt.

Welchen Beitrag kann angewandte Forschung beim Thema Industrie 4.0 leisten?

Einen wesentlichen Beitrag. Nicht ohne Grund arbeite ich intensiv mit dem Fraunhofer IPA zusammen. Professor Bauernhansl und ich kennen uns sehr gut. Wir sind in der Denke, in der Ausrichtung gleich, und wir versuchen, neue Dinge gemeinsam auf den Weg zu bringen. Unter anderem haben wir gemeinsam einen mobilen Handling-Assistenten für den »Griff in die Kiste« entwickelt, durch den geringere Taktzeiten erreicht werden können. Der Roboter agiert an mehreren Produktionsabschnitten. Für die Vereinzelung der Werkstücke kommt die IPA-eigene Software »bp3™« zum Einsatz. Mittlerweile ist das System in das Industrie-4.0-Umfeld unserer Fabrik integriert.

Angewandte Forschung hilft also dabei ...

... gewonnene Erkenntnisse schnell in den industriellen Prozess zu bringen. Unternehmen nehmen dadurch eine Vorreiterrolle ein und steigern ihre Wettbewerbsfähigkeit.

Zukünftig wird es darauf ankommen ...

... sich mit passenden Partnern zu verbünden und den Weg der kleinen Schritte zu gehen, um aus der in Deutschland geprägten Marke Industrie 4.0 nachhaltig Profit zu schlagen.

Wo steht SEW-EURODRIVE in zehn Jahren?

Mein erklärtes Ziel sind 5 Milliarden Euro Umsatz. Das erreichen wir nur, wenn wir Bewährtes erhalten und Neues schaffen. Wir wollen unsere Stärke im Komponentengeschäft beibehalten und noch stärker im Systemgeschäft werden. Was fortwährend bleibt, ist das Streben nach Perfektion und Höchstleistung, die Differenzierung vom Wettbewerb durch Einzigartigkeit und das Schaffen von Wert – am Produkt und für den Kunden. ■



Über SEW-EURODRIVE

Vor 86 Jahren gegründet und als inhabergeführtes Familienunternehmen geführt, beschäftigt SEW-EURODRIVE heute weltweit mehr als 16 000 Mitarbeiter, davon allein 550 in Forschung und Entwicklung. Ursprünglich auf die Herstellung von Elektromotoren spezialisiert, gibt es mittlerweile unzählige Variationsmöglichkeiten von Getrieben, Motoren und Komponenten. In der »Schaufensterfabrik« am Standort Graben-Neudorf erprobt das Unternehmen unter realen Bedingungen neue Fertigungs- und Logistikkonzepte und setzt damit seine Lean-Philosophie im Sinne von Industrie 4.0 fort.

Weitere Informationen: www.sew-eurodrive.de

Den Trubel fest im Griff

Methoden zur Produktionsplanung

Bis vor einigen Jahren reichte es aus, wenn Unternehmen ihre Produktionsstruktur etwa einmal im Jahr änderten. Heutzutage ist auf den Shop Floors einiges mehr los. Insbesondere der Trend zur Individualisierung erfordert es, ständig Maschinen umzustellen, die Produktionsabläufe anzupassen und neue Bauteile und Werkzeuge einzuführen. Mit welchen Mitteln Unternehmen dabei den Überblick behalten können, zeigen Methoden der zukunftsfähigen Produktionsplanung.

Zu den wichtigsten gehört der digitale Schatten. Darunter fallen alle Entwicklungen, die die Realdaten aus der Fertigung mit Planungsdaten zusammenbringen. Ziel ist, feste Muster abzuleiten und die Produktion voraussehbar zu machen. »Ein digitaler Schatten lässt sich zum Beispiel erzeugen, indem man mit einem Laserscanner das Fabrikumfeld aufnimmt und anschließend mit Simulations- oder Planungstools neue Objekte einbindet«, weiß Michael Lickefett, Abteilungsleiter Fabrikplanung und Produktionsmanagement am Fraunhofer IPA. So lasse sich überprüfen, an welcher Stelle Kollisionen entstehen und was umgestellt werden muss.

Logistiktechnik muss flexibler werden

Auch die Logistiktechnik muss sich flexibel und automatisch an das Umfeld anpassen. Eine Technologie, die hierfür an Bedeutung gewinnt, sind Fahrerlose Transportfahrzeuge (FTF). Anders als Montagebänder können sie die Bauteile flexibel von Station zu Station bringen, ohne dabei eine bestimmte Reihenfolge einzuhalten. Damit das FTF weiß, wohin es fahren muss, sind sensorbasierte Umgebungserkennungen und -karten sowie die Anbindung an eine Cloud erforderlich. Das Fraunhofer IPA entwickelt seit mehreren Jahren FTF für unterschiedliche Anwendungen. »Im Projekt ARENA2036 haben wir schon Konzepte für die Automobilproduktion umgesetzt«, informiert der Abteilungsleiter.

Nicht zuletzt spielen Apps für die Produktionsplanung eine wichtige Rolle. Viele verfügen über ähnliche Funktionalitäten wie ein MES, müssen aber nicht monatelang implementiert werden. »Der Nutzer sucht sich den gewünschten Service aus und kann sofort loslegen«, betont Lickefett. Beispielsweise ermöglicht die »Instant MES App« klassisches Tracking und Tracing. Mit dem Tool lassen sich alle Produktionsschritte per Scan aufzeichnen. Der Anwender erkennt stets, wo sich ein Werkstück gerade befindet. Auch das am IPA entwickelte System »Sense&Act« erleichtert die Planung und Steuerung der Produktion. Es erlaubt dem Mitarbeiter, feste Regeln unter anderem für die Verknüpfung einzelner Prozessschritte festzulegen.

Bedarfsgerechte Unterstützung auf mehreren Wegen

Das Fraunhofer IPA unterstützt und begleitet große Unternehmen und kleine und mittlere Unternehmen bei der Einführung neuer Technologien. »In verschiedenen Programmen zeigen wir Firmen, welche Konzepte es gibt und was sich für ihre Situation eignet«, informiert Lickefett. Dazu zähle beispielsweise das Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrum Stuttgart, das Industrie-4.0-Assessment oder das Applikationszentrum Industrie 4.0, eine Innovationsumgebung für industriennahe Forschung, Entwicklung, Testung und Demonstration. ■

Kontakt

Michael Lickefett
Telefon +49 711 970-1993
michael.lickefett@ipa.fraunhofer.de



Veranstaltungstipp

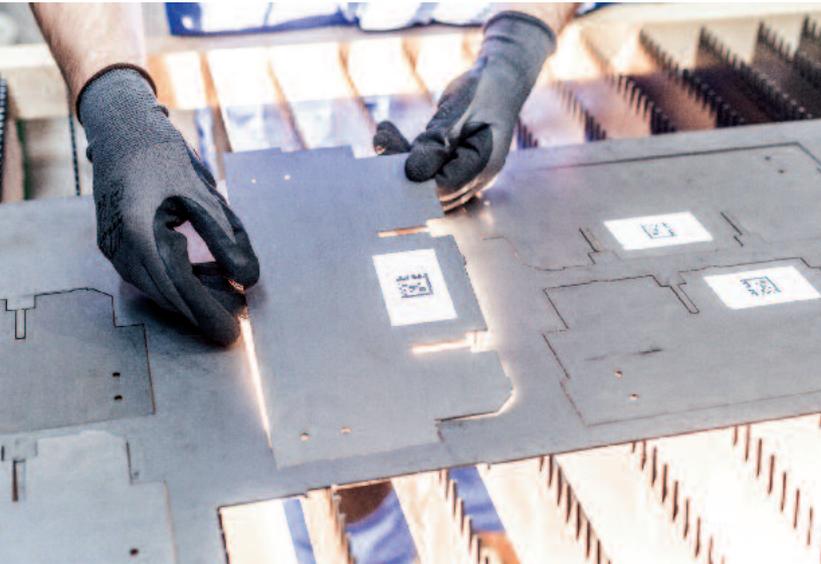
Technologieforum: Fahrerlose Transportsysteme (FTS) und mobile Roboter – Chance, Technologien, Wirtschaftlichkeit

Wann: 20. September 2017

Wo: Fraunhofer IPA, Nobelstr. 12, 70569 Stuttgart

Anmeldung und weitere Informationen:
www.ipa.fraunhofer.de

Industrie 4.0 bringt Blechbearbeitung in Schwung



In der industriellen Blechbearbeitung geht es manchmal zu wie in einem Ameisenhaufen. Die Mitarbeiter strömen durch die Produktionshallen, tragen Bauteile herum, schieben Wägen von A nach B oder übergeben sich Laufzettel. Anders als in der Natur gehen die vielen Arbeitsschritte aber oft nicht fließend ineinander über. Zum Beispiel kann es vorkommen, dass die Schneidemaschine still steht, weil die Roh tafel noch nicht angeliefert wurde. Solche Verzögerungen und Stillstände kosten die Unternehmen viel Geld.

Industrie 4.0 soll Prozesse vernetzen

Die Firma TRUMPF, weltweit führend bei Werkzeugmaschinen für die flexible Blechbearbeitung, sieht in Industrie 4.0 große Chancen für die Branche. »In vielen Fällen laufen die Prozesse noch mit Insellösungen ab. Die einzelnen Stationen sind nicht miteinander vernetzt und werden mühsam von den Mitarbeitern koordiniert«, informiert Eberhard Wahl, Leiter Produktmanagement Flexible Blechfertigung bei TRUMPF. Beispiele für nicht wertschöpfende Tätigkeiten seien Angebote erstellen, Material suchen, Teile absortieren oder Werkstücke transportieren. Da sich die Kunden immer stärker individualisierte Bauteile in kleinen Stückzahlen wünschen, wirken sich die zwischengelagerten Prozesse zunehmend negativ aus. »Unsere Auswertung hat ergeben, dass auf eine Stunde Bearbeitungszeit

etwa vier Stunden indirekte Tätigkeiten entfallen. Bei sinkenden Losgrößen steht das in keinem Verhältnis mehr zur wertschöpfenden Arbeit«, so Wahl.

Um die Blechbearbeitung mit Industrie-4.0-Technologien effizienter zu gestalten, startete TRUMPF mit dem Fraunhofer IPA im Jahr 2015 das langfristige Projekt »Blechfertigung der Zukunft«. Die entwickelten Lösungen sollen Eingang finden in die Lösungswelt »TruConnect«, mit der TRUMPF Angebote für die vernetzte Fertigung bündelt und vermarktet. Zum Projektstart führten die Partner eine Studie durch, die aufzeigen soll, welche Potenziale sich mit digitalen Anwendungen ergeben.

Studie deckt Hemmnisse der Blechbearbeitung auf

Für dieses Forschungsvorhaben besuchten die IPA-Wissenschaftler mit TRUMPF Mitarbeitern und der studentischen Unternehmensberatung Emendo 25 TRUMPF Kunden aus der Blechbearbeitung. Hier untersuchten sie klassische Prozesse nach Lean-Kriterien und zeigten u. a. mit Wertstromanalysen und Layouts auf, wo Verschwendung entsteht. Fündig wurde das Team entlang der gesamten Wertschöpfungskette. »Von der Angebotserstellung über die Materialsuche, Transport und Kommunikationswegen bis hin zur Nacharbeit treten Missstände auf«, bestätigt Sofie Nilsson, Projektleiterin am Fraunhofer IPA.

Zu den ersten Wartezeiten komme es schon beim Auftrags eingang. Nachdem der Kunde seine Wünsche, üblicherweise per E-Mail, geäußert hat, muss das Unternehmen diese prüfen und kalkulieren. Bei komplexen Bauteilen sind mehrere Absprachen nötig, wobei Kunde und Unternehmen ständig auf Rückmeldung warten. Bis das Angebot raus ist, vergehen meist mehrere Tage. Im schlimmsten Fall ist der Interessent dann schon abgesprungen.

Auch die Kommunikation auf dem Shopfloor über Laufkarten bedarf einer Optimierung. Von der Auftragsabwicklung erstellt, wandert das Papier zum Programmierer, zum Meister, zum Maschinenbediener und schließlich zum Versand. Dabei

müssen die jeweiligen Instanzen die Informationen filtern und in den PC eingeben. Viele Laufkarten auf einmal zu verwalten, führt beim Mitarbeiter leicht zu einer Informationsflut. Selbiges gilt beim Transport von Materialien. So ist oft kein Hubwagen frei, um das Material an- und abzutransportieren. Bleiben Roh tafeln übrig, bringt der Mitarbeiter sie ins Lager zurück. Dabei muss er oft in einen Stapler steigen, um sie richtig abzusortieren. Für das Unternehmen bedeutet das Zeitverlust und lange Transportwege.

Unnötige Kosten entstehen auch durch Überproduktion bzw. Nacharbeit. Oft muss eine ganze Charge neu hergestellt werden, weil ein Teil kaputt oder verloren gegangen ist. Derzeit kontrollieren Mitarbeiter in der Regel nach jedem Prozess die Stückzahl von Hand, um herauszufinden, ob es Ausschuss gibt. Wird das defekte Bauteil erst am Ende entdeckt, muss der ganze Auftrag neu gefertigt werden. Viele Unternehmen kalkulieren solche Verluste schon im Voraus ein und produzieren eine höhere Stückzahl. In beiden Fällen gehen viel Zeit und Ressourcen verloren.

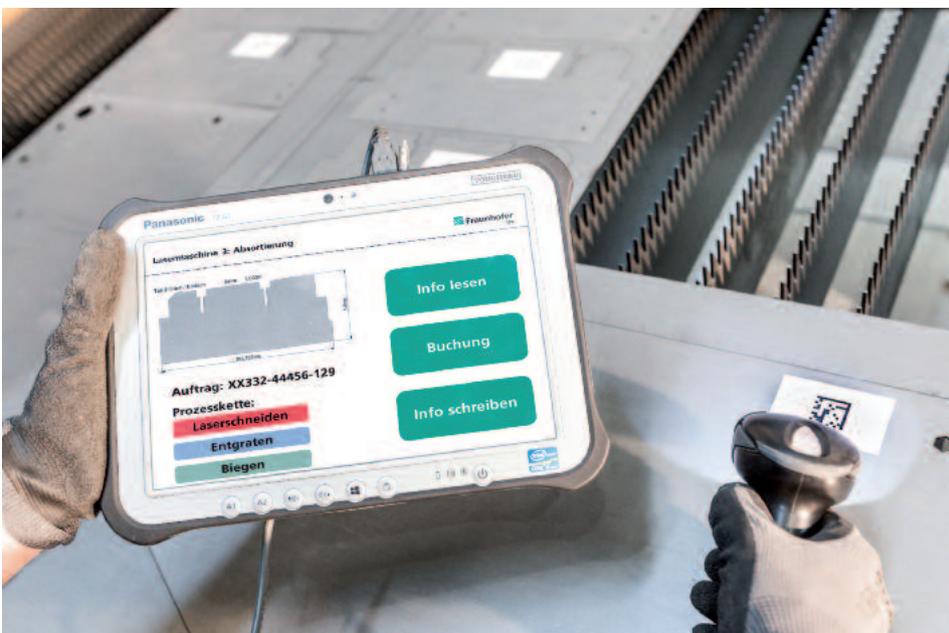
Nachdem die größten Schwachstellen aufgedeckt waren, begannen die IPA-Wissenschaftler, mit einem eigens errichteten Demo-Arbeitsplatz an neuen Lösungen zu tüfteln. In erster Linie setzen sie auf digitale Werkzeuge zur Informationsverarbeitung. Auch die automatische Rückführung von Informationen des Arbeitsplatzes zum übergeordneten System haben sie unter die Lupe genommen. Auf diese Weise ist eine Lösung entstanden, die den Werker beim Absortieren von Blechbauteilen unterstützt. Bisher werden die Bauteile in den meisten Betrieben, nachdem sie von der Maschine geschnitten wurden, von Hand absorbiert. Der Mitarbeiter nimmt das Bauteil, schaut nach, zu welchem Auftrag es gehört und legt es ab. Für das Lesen und Filtern der Laufkarten benötigt er viel Zeit.



Hinzu kommt, dass beim Absortieren und der Positionierung oft Fehler auftreten.

48 Prozent Zeitersparnis beim Absortieren von Bauteilen

Das neue System der IPA-Wissenschaftler macht es dem Werker einfacher. Eine Kamera erkennt, welche Bauteile der Mitarbeiter von der Palette genommen hat. Sobald er das Blechstück in der Hand hält, zeigen ihm Monitore die Details zum Arbeitsablauf an. Er wird zum Beispiel informiert, an welcher Stelle und in welcher Position er das Bauteil ablegen muss oder welche Werkstücke zusammengehören. Am Ablageort erkennt die Innovation, welche Bauteile platziert wurden.



Um die Potenziale von Industrie 4.0 für die Blechfertigung zu ermitteln, haben die IPA-Wissenschaftler die Arbeitsschritte mit und ohne digitale Werkzeuge nachgestellt. Hier zu sehen: Die manuelle Buchung (oben) und scannende Buchung (unten) der Teile.

WO BEFINDET SICH MEIN AUFTRAG GERADE?



Effiziente Lösungen für die Intralogistik

TruServices | Software | Quick Job und Storage
Teilekennzeichnung | Dot Matrix Code
Studio | Assistenzsystem zum Absortieren

1. Arbeitsplatzführung
2. Programmierung
3. Logistikmanagement
4. Intralogistik
5. Fertigung
6. Fertigungsplanung

Quelle: TRUMPF

Dementsprechend führt sie die Buchung in einem übergeordneten IT-System automatisch durch. Dies ermöglicht volle Transparenz über die Verortung und den fertigungstechnischen Fortschritt der Bauteile. Der Vorteil der Technologie ist, dass sie dem Werker keinen festen Arbeitsablauf vorschreibt. Er kann die Bauteile beliebig greifen und wird dabei mit den relevanten Zusatzinformationen versorgt.

Ein anschließender Vergleich mit der manuellen Methode bestätigt den Erfolg der Technologie. Insgesamt haben die IPA-Experten eine Zeitersparnis von 48 Prozent nachgewiesen. Auch die Fehlerhäufigkeit konnte von durchschnittlich 1,5 auf 0 Prozent gesenkt werden. Überproduktionen, die seither aufgrund eingepplanter Verluste bewusst angefertigt wurden, lassen sich damit vermeiden.

Erstmals vorgestellt haben die IPA-Experten ihre Lösung auf der Euroblech im Oktober 2016. Dass die Anwendung hohes Potenzial für die Blechbearbeitung der Zukunft mitbringt, zeigte sich auch beim zweiten Euroblech Wettbewerb »Die nächste Generation der Blechbearbeitung«. Hier wurde der Demonstrator in der Kategorie »Akademische Exzellenz« mit dem ersten Preis ausgezeichnet. ■

Kontakt

Sofie Nilsson

Telefon +49 711 970-1057 | sofie.nilsson@ipa.fraunhofer.de

Der Demo-Arbeitsplatz des Fraunhofer IPA und der Firma TRUMPF versorgt den Werker mit intuitiven Informationen in seinem Arbeitsumfeld, z. B. beim Absortieren der Bauteile.

V. l. n. r.: Dr. Jens Ottnad, Leiter Vorentwicklung Vernetzte Produktion bei TRUMPF, und der ehemalige IPA-Projektleiter Ulrich Schneider nehmen den Preis für Akademische Exzellenz beim zweiten Euroblech-Wettbewerb von Stephen C. Brooks, Chairman Mack Brooks Exhibitions, entgegen.



Quelle: TRUMPF

» Industrie 4.0 muss man machen! «

Herr Wahl, ein Ziel von Industrie 4.0 ist es, die Produktion intelligent zu vernetzen. Für die Blechfertigung, die oft mit Insellösungen arbeitet, kommen die Technologien wie gerufen. Weshalb sind Industrie-4.0-Anwendungen hier dann noch so wenig verbreitet?

Man kann Industrie 4.0 nicht einfach fertig kaufen: Man muss es machen! Vielen Unternehmen ist nicht klar, wie das geht und was der erste Schritt ist. Hierzu bietet TRUMPF die Beratung für vernetzte Fertigung an, die auf sehr hohe Nachfrage im Markt stößt. Dabei gibt es verschiedene Angebote: Konkrete Anhaltspunkte liefert der eintägige Smart Factory Check, in dessen Rahmen alle indirekten Prozesse analysiert und diejenigen identifiziert werden, die besonders hohes Optimierungspotenzial bieten. Im fünftägigen Smart Factory Consulting entsteht ein detailliertes Konzept inklusive Lösungsvorschlägen, Einsparpotenzial, notwendigen Investitionen und Umsetzungsplanung. So wird klarer, wie man's anpacken kann.

Warum ist es wichtig, dass sich Unternehmen aus der Blechbearbeitung mit Industrie 4.0 frühzeitig beschäftigen?

Die ersten Schritte sind die schwersten, und nicht immer wird gleich alles beim ersten Versuch so klappen wie gedacht. Das verleitet oft dazu zu warten, bis alles fertig und komplett von der Stange verfügbar ist. Wenn man aber so lange wartet, ist man wirtschaftlich bereits abgehängt und beraubt sich zudem einer guten Chance zur Differenzierung. Kunden, die jetzt einsteigen, können eigene Lösungen mitgestalten. Wenn man zu spät einsteigt, ist man getrieben.

Unter dem Namen »TruConnect« vermarkten Sie neue Technologien, die Sie für die Branche entwickelt haben. Wie kommen die Industrie-4.0-Lösungen bisher an?

Viele Lösungselemente wandern zwischenzeitlich in die Breite. So wird die fernsteuerbare Maschine mit der Mobile Control App zunehmend zu einem Standard. Das gilt auch für andere maschinennahe Enabler wie z.B. den ConditionGuide, der



*Eberhard Wahl, Leiter Produktionsmanagement
Flexible Blechfertigung bei TRUMPF*

Auskunft gibt über den Zustand der Maschine und Verlaufsdiagramme oder Handlungsempfehlungen an. Auch die Datenschnittstelle Central Link gehört in diese Kategorie: Damit können Kunden Web-Applikationen, -Plattformen und über das Kommunikationsprotokoll OPC UA auch lokale Systeme einfach und sicher anbinden. Was natürlich deutlich mehr Zeit benötigt, sind ganzheitliche Werklösungen, da hier komplexe Anforderungen durch einen heterogenen Maschinenpark und unterschiedliche Prozesse existieren.

Was ist zu tun, wenn sich ein Unternehmer aus der Blechbearbeitung dazu entscheidet, Industrie 4.0 einzusetzen?

Er kann sich auf der Maschinenseite heute sofort durch den Kauf von wichtigen Funktionalitäten wie Central Link, Mobile Control App oder dem Dot Matrix Code zur Teilekennzeichnung auf die vernetzte Fertigung vorbereiten. Die Umstellung auf Werkebene beginnt er am besten mit einer TRUMPF Beratung, um eine Übersicht zu bekommen, welche Bausteine für ihn die richtigen sind. Denn es gibt viele Möglichkeiten, mit Hilfe von digitaler Vernetzung und präziser Datenanalyse den Betrieb zu optimieren.

Wohin geht die Reise beim Projekt »Blechfertigung der Zukunft« mit dem Fraunhofer IPA? Welchen Prozessschritt wollen Sie als nächstes optimieren und was soll entwickelt werden?

Wir haben auf der Branchen-Leitmesse Euroblech 2016 einen Ausblick auf den Absortierassistenten gezeigt. Hierzu haben wir extrem positive Rückmeldungen erhalten. Folglich werden wir unsere Arbeit weiterhin auf die weitere Entwicklung dieser Lösung fokussieren. ■

Smart Devices verbessert digitale Produktion

Das Konsortium mit dem Titel »SmartDe's@Work – Smart Devices in der Produktion«, an dem die Bayreuther Projektgruppen Wirtschaftsinformatik des Fraunhofer-Instituts für Angewandte Informationstechnik FIT und Prozessinnovation des Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA maßgeblich beteiligt sind, erhält von der Bayerischen Forschungsförderung den Zuschlag für eine Förderung in Höhe von über 750 000 Euro zur Umsetzung von digitalen Technologien in industriellen Fertigungsprozessen.

Das auf zwei Jahre ausgelegte Projekt ist im Januar 2017 gestartet und verfolgt das Ziel, Smart Devices, etwa Smartphones, Tablets, Smart Watches oder VR- und AR-Brillen, im Produktionsumfeld nutzbringend einzusetzen. Dabei steht die Vernetzung von Mensch, Maschine und produktionsnahen IT-Systemen im Vordergrund. Die optimale Kombination aus Software- und Hardware-Komponenten soll Produktionsprozesse durch eine interaktive und intuitive Informationsverarbeitung bei der Arbeitsvorbereitung (z. B. Arbeits- und Maschinenpläne, Einrüstung von Maschinen und Anlagen) sowie während der Produktion (z. B. Arbeitsanweisungen, Reaktionen bei Störungen, Echtzeit-Rückmeldung) unterstützen.

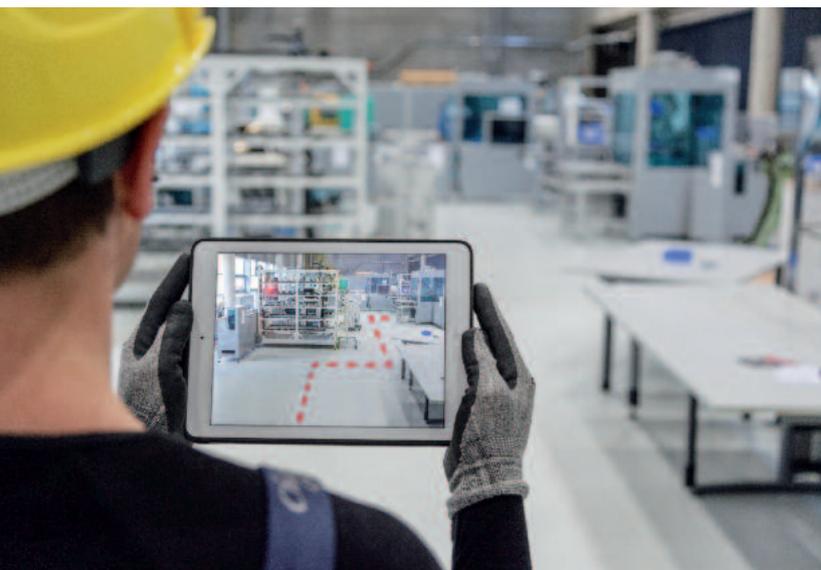
Smart Devices sollen durch eine Middleware-Plattform an bestehende Produktionssysteme angebunden werden. Dadurch will das Projektteam die Integrationshürden bei ihrer Nutzung verringern und die Übertragbarkeit auf vielfältige Anwendungsfälle gewährleisten. Zudem ermöglichen Smart Devices

eine zeit- und ortsunabhängige Produktionssteuerung, etwa in den Bereichen Auftragsfreigabe, Bereitstellung von Betriebsdaten oder Umplanung von Produktionsaufträgen. So lassen sich Produktionsprozesse digital optimieren, eine Qualitätsüberwachung, -steuerung und -sicherung anhand von Echtzeitdaten implementieren sowie eine für Industrie 4.0 erforderliche Prozessflexibilität erreichen.

Durch die synergetische Zusammensetzung des Konsortiums, bestehend aus den beiden Fraunhofer-Projektgruppen Wirtschaftsinformatik und Prozessinnovation, den Entwicklungspartnern camLine und Vogler Engineering sowie den Anwenderunternehmen REHAU, biTTner Werkzeugbau, BKW Kunststoff und Federnfabrik Dietz, können die vielfältigen Herausforderungen für den Einsatz von Smart Devices identifiziert, geeignete Lösungsstrategien entwickelt und im Rahmen eines Demonstrators implementiert werden.

Kontakt

Joachim Kleylein-Feuerstein
Telefon +49 921 78516-200
joachim.kleylein-feuerstein@ipa.fraunhofer.de
Fraunhofer-Projektgruppe Regenerative Produktion
Universitätsstraße 9
95447 Bayreuth



Im Projekt »SmartDe's@Work« entwickeln die Bayreuther Fraunhofer-Projektgruppen Wirtschaftsinformatik und Prozessinnovation Smart Devices wie Tablets für die digitale Produktion.

Hans-Jürgen Warnecke Innovationspreise 2016

Gleich vier Forscherteams hat das Fraunhofer IPA am 24. Innovationstag Anfang Dezember mit dem Hans-Jürgen Warnecke Innovationspreis ausgezeichnet. Ein Schafffräser mit einer Schneidengeometrie, die weniger Energie verbraucht und zugleich mehr Leistung bringt, machte im Jahr 2016 das Rennen. Rang zwei belegte eine »multispektrale intraoperative Echtzeit-Bildgebung« zur besseren Entfernung von Tumoren. Zwei gleichwertige dritte Plätze vergab die Jury für ein Verfahren, das zerstörungsfrei und berührungslos reale Leitungsstrukturen charakterisiert, und für ein schnelles und effizientes Zellsortierungs- und Handhabungssystem.

Die 1993 erstmals ausgelobten Preise werden seit 2012 unter dem Namen und der Schirmherrschaft von Hans-Jürgen Warnecke, ehemaliger Fraunhofer-Präsident und IPA-Institutsleiter a. D., verliehen. Wie jedes Jahr waren alle wissenschaftlichen Mitarbeiter des Fraunhofer IPA wie auch der universitären Schwesterninstitute IFF und EEP dazu eingeladen, ihre Entwicklungen einzureichen. Im Vorfeld wurden sieben Bewerbungen zur Preisverleihung nominiert, die die Entwicklerteams beim Innovationstag vorstellten. Anschließend gaben die Preisrichter ihre Entscheidung bekannt. Ausschlaggebend für die Beurteilung waren Kriterien wie Kreativität, Kundennutzen und methodisch-wissenschaftlicher Ansatz.

Neben Thomas Bauernhansl, Institutsleiter des Fraunhofer IPA, saßen Norbert Leopold von der HWP Planungsgesellschaft, Wolfgang Rauh von der VITA Zahnfabrik H. Rauter und



Die Preisträger des Hans-Jürgen Warnecke Innovationspreis 2016 mit dem Moderator und der Jury.

Jochen Schließer von Festo in der Jury. Die Veranstaltung moderierten die Mitarbeiter des Fraunhofer IPA Christoph Schaeffer, Leiter Innovationsmanagement, und Günter Hörcher, Leiter Forschungsstrategie.

1. Platz

»Neuer Fräser arbeitet schneller und spart Energie«
Mehr auf Seite 42

2. Platz

»Neues Kamerasystem zeigt Tumore farblich an«
Mehr auf Seite 46

Erster 3. Platz

»Zerstörungsfrei und berührungslos reale Leitungsstrukturen vollständig charakterisieren«
Mehr auf Seite 48

Zweiter 3. Platz

»Einzelne Zellen handhaben und detektieren für den Hochdurchsatz«
Mehr auf Seite 50



1. Platz Hans-Jürgen Warnecke Innovationspreis 2016

Mit neuer Schneidengeometrie
geht Fräser auf Siegeszug

Alles beginnt in der spärlich ausgestatteten Junggesellenküche des IPA-Wissenschaftlers Hans-Henrik Westermann. Als sich der heute 34-jährige Wirtschaftsingenieur von der Projektgruppe Regenerative Produktion in Bayreuth eine Scheibe Brot abschneiden will, hat er lediglich ein Küchenmesser mit normaler Klinge zur Hand. Damit fällt ihm das Schneiden des Brotes schwer, denn er muss viel Kraft aufwenden. »Mit einem Brotmesser mit Wellenschliff ginge es einfacher«, denkt sich der Forscher. In diesem Moment kommt ihm die Idee für ein neues Forschungsprojekt. »Weniger Kraft ist gleich weniger Energieverbrauch und weniger Energieverbrauch ist gleich höhere Energieeffizienz. Wenn eine spezielle Klinge das Brotschneiden erleichtert, könnte man auf die gleiche Weise auch beim Fräsen Strom sparen und die Energieeffizienz steigern«.

Idee kam beim Brotschneiden

Am nächsten Tag erzählt der Wissenschaftler seinem Chef Rolf Steinhilper von diesem Einfall. Der Universitätsprofessor und Leiter der Projektgruppe schlägt ihm vor, das Thema in seiner Dissertation weiter zu verfolgen. Um die finanziellen Mittel dafür aufzubringen, stellt Westermann bei der Bayerischen Forschungstiftung in München einen Forschungsantrag. Bei seinen Recherchen stellt er fest, dass sich mit energieeffizienten Fräsworkzeugen bislang kaum jemand wissenschaftlich auseinandergesetzt hat. Die meisten Studien stellen andere werkzeugbezogene Leistungsindikatoren ins Zentrum.

Dann kommt die ernüchternde Nachricht des Fördermittelgebers. Die Fachgutachter glauben nicht an den Erfolg des Vorhabens und fordern umfangreiche Nachweise und Belege, die Westermanns Forschungsidee stützen. Doch Steinhilper macht seinem Doktoranden Mut und empfiehlt, nicht gleich aufzugeben. »Sobald das Potenzial einer optimierten Schneidengeometrie belegt ist, erweitern wir den Antrag und räumen die Vorbehalte aus«, rät er. Westermann lässt den Worten Taten folgen und erhält im Juli 2013 die Bewilligung seines Forschungsantrags. Sein Plan ist, in der zweijährigen Projektlaufzeit zusammen mit sieben Partnerunternehmen den Energieverbrauch beim Einsatz verschiedener Fräsworkzeuge zu analysieren, den größten Energiefresser ausfindig zu machen und mit einer neuartigen Schneidengeometrie die Energieeffizienz zu steigern. Schnell erkennt er, dass Vollhartmetall (VHM)-Schafffräser, ein vor allem bei metallverarbeitenden Mittelständlern weitverbreiteter Werkzeugtyp, mit ihrem hohen Einsatzanteil ein vielversprechendes Optimierungspotenzial bieten.

Von Spülmaschinenherstellern inspiriert

Der junge Wissenschaftler nimmt sich vor, bereits am Markt erhältliche VHM-Schafffräser einander gegenüberzustellen. Dabei bemerkt er, dass es noch kein einheitliches Vorgehen für die Ermittlung von Referenzwerten gibt. »In den Katalogen beziehen sich die Angaben der Hersteller regelmäßig auf

komplett unterschiedliche Fräsaufgaben – jeder testet seine Werkzeuge anders. Damit kann der Anwender dann meistens wenig anfangen«, kritisiert Westermann. Als er nachforscht, wie andere Branchen ihre Produkte beurteilen, stößt er auf eine europäische Norm für elektrische Geschirrspüler. Die EN 50242 definiert anhand eines »Maßgedecks«, welche Geschirr-, Besteck- und Servierteile für Referenzwerte zu spülen sind. Westermann orientiert sich an dem Vorgehen und untersucht zehn charakteristische Fräsaufgaben aus der industriellen Praxis, die er bei seinen Projektpartnern zuvor aus einem Portfolio von mehr als 1000 realen Bauteilen ausgewählt hat. Auf Grundlage eines systematischen Vorgehens entwickelt er ein Referenzwerkstück, das 16 unterschiedliche Features wie bestimmte geometrische Elemente oder die Anzahl von Stufen und Taschen vorgibt. Die skalierbaren CAD-Daten stellt er anschließend auf die Projektwebsite, von wo aus sie bis heute über hundert Mal heruntergeladen wurden. »Das zeigt, dass viele Firmen ihre Fräser mit anderen Modellen messen wollen«, meint der Forscher.

Projektinformationen

Thema: Vollhartmetall-Schafffräser mit energieverbrauchsoptimierter Schneidengeometrie

Laufzeit: Juli 2013 bis Juni 2015

Fördermittelgeber: Bayerische Forschungstiftung, München

Partner: Projektgruppe Regenerative Produktion des Fraunhofer IPA in Bayreuth (Leitung), Universität Bayreuth, sieben bayerische Unternehmen, darunter Maier GmbH und WNT.

Ergebnisse

- Dreidimensionale Schneidengeometrie mit differenziellem Drallwinkel und speziell konditionierten Schneidkanten steigert die Effizienz des VHM-Schafffräasers deutlich
- Optimierte Geometrie benötigt 17 Prozent weniger Energie bei 25 Prozent mehr Leistung
- Bearbeitungsqualität gesteigert, Verschleiß gesenkt
- WNT vertreibt Fräser unter dem Namen »S-Cut« in 19 Ländern.

Forscherportrait

Dr. Hans-Henrik Westermann wurde im Jahr 1982 in Göttingen geboren. Nach seinem Abitur absolvierte er eine Ausbildung zum Feinmechaniker und studierte anschließend an der Jade Hochschule in Wilhelmshaven Wirtschaftsingenieurwesen. 2011 wechselte er als wissenschaftlicher Mitarbeiter zur Fraunhofer-Projektgruppe Regenerative Produktion in Bayreuth, wo er in verschiedenen Projekten der produktionstechnischen Spitzenforschung mitwirkt. Nach seiner Promotion im Jahr 2016 ist eine Professur sein langfristiges berufliches Ziel



Im nächsten Schritt führt Westermann bei seinen Partnerunternehmen zahlreiche Tests auf Basis des Referenzwerkstücks durch, um den Energieverbrauch sowie den Verschleiß und die Bearbeitungszeit im industriellen Einsatzumfeld zu ermitteln. Gleichzeitig untersucht er mit Simulations- und Versuchsläufen im Maschinenlabor, welche Geometrien sich günstig auf den Energieverbrauch auswirken und konzipiert unterschiedliche Labormuster. Zusammen mit seinem Technologiepartner, der Firma Maier GmbH aus Oberschneiding in Niederbayern, werden die ersten Prototypen realisiert. »Bei der Vorbereitung des Projekts habe ich viel auf Messen herumgefragt und einen starken Partner gesucht. Allerdings fanden die meisten Unternehmen, dass man so einen Fräser nicht braucht«, berichtet Westermann. Umso erleichterter sei er gewesen, schließlich ein innovatives und sehr engagiertes Unternehmen gefunden zu haben. Einige Wochen später hält Westermann sein lang ersehntes Paket mit den Prototypen in den Händen.

»Versuchsläufe bringen schlaflose Nächte und viel Metallschrott mit sich«

Jetzt können die Versuchsläufe beginnen. Westermann steht mit seinen studentischen Hilfskräften über drei Monate an der Fräsmaschine und fertigt fast rund um die Uhr sein Referenzwerkstück. Sogar am Wochenende habe das Team das Versuchsfeld belegt und nebenbei Tatort geschaut. »Alle 14 Tage ist der Schrotthändler gekommen und hat Tonnen an Metallspänen abgeholt«, lacht Westermann. Bei seinen Versuchsläufen experimentiert der Forscher nicht nur mit verschiedenen Geometrien, sondern auch mit den Prozessparametern. Arbeitet er z. B. mit einer höheren Vorschubgeschwindigkeit, kann er in der gleichen Zeit mehr Teile herstellen. Belässt er

diese im Ausgangszustand, hält der Fräser länger. Auf diese Weise analysiert er systematisch unterschiedliche Einstellungen und dokumentiert Energieverbrauch, Verschleiß und Bearbeitungszeit. Zahlreiche Nachschichten später sind die Daten für den optimierten VHM-Schaftfräser ermittelt. »Die Analysen haben ergeben, dass eine dreidimensionale Geometrie mit differenziellem Drallwinkel und speziell konditionierten Schneidkanten die Effizienz deutlich steigert«, freut sich der Forscher. Im Detail zeigen die Ergebnisse, dass der Schnittkraftanstieg mit der optimierten Schneidengeometrie nicht mehr linear, sondern sigmoid verläuft. Dadurch treten keine hohen Kraftspitzen mehr auf, womit sich die Impulsbelastung der Schneiden deutlich verringert. Auf diese Weise wird nicht nur Energie eingespart, sondern auch der Verschleiß reduziert.

Der neue VHM-Schaftfräser muss aber nicht nur im Versuchsfeld der Projektgruppe bestehen, sondern auch in der Industrie. Daher bittet Westermann die Partnerunternehmen aus der Metallbearbeitung, seinen optimierten Fräser anhand der zehn charakteristischen Zerspanungsaufgaben zu prüfen. »Die meisten Firmen waren skeptisch. ‚Wir brechen Euren Fräser schon ab‘, lautete die Devise«, erinnert sich Westermann. Umso überwältigter ist er von den Resonanzen. Die Firma Pass Stanztechnik AG aus Creußen spricht in einer E-Mail an Steinhilper beispielsweise von einer »unglaublichen Steigerung«. Bei der untersuchten Zerspanungsaufgabe sei Westermanns Fräser um 70 Sekunden schneller gewesen, habe 60 Prozent weniger Verschleiß aufgewiesen und über 17 Prozent weniger Energie verbraucht. »Der Projektpartner hat uns bestätigt, dass keine der Schneiden abgebrochen ist. Nur die Hitzeentwicklung war irgendwann so groß, dass der Test beendet werden musste«, erzählt Westermann stolz. Hinzu kommt, dass der Fräser in allen Bearbeitungsdisziplinen eine bessere Bearbeitungsqualität aufweist und aufgrund des geringeren Energiever-



Die Firma WNT vertreibt den neuen VHM-Schaftfräser als »S-Cut« seit Februar 2016 in 19 Ländern.

brauchs indirekte CO₂-Emissionen spart. »Unternehmen, die anfangs noch gezweifelt haben, wollten den Fräser sofort kaufen«, lacht der Wissenschaftler.

Neuer Fräser punktet in allen Disziplinen

Die Auswertung in Westermanns Doktorarbeit bestätigt die Effizienz auf ganzer Linie. In Summe kommt der neue VHM-Schaftfräser gegenüber herkömmlichen Varianten mit durchschnittlich 17 Prozent weniger Energie aus. Die Schnittgeschwindigkeit konnte er im Mittel um zehn Prozent, die Vorschubgeschwindigkeit sogar um 25 Prozent steigern. Gleichzeitig hat sich die Verschleißfestigkeit des Werkzeugs deutlich verbessert. »Der Fräser ist schneller, verschleißt langsamer, spart Energie, bringt bessere Ergebnisse und schont die Umwelt«, fasst Westermann die Vorteile zusammen. Seine Doktorarbeit »Entwicklung einer energieverbrauchsoptimierten Schneidengeometrie für Vollhartmetall-Schaftfräser« wird im Juli 2016 anerkannt. Auch Christoph Schaeffer, Leiter Innovationsmanagement des Fraunhofer IPA, ist von Westermanns Forschung begeistert und meldet gemeinsam mit der Maier GmbH die Innovation erfolgreich zum Patent an.

Ab jetzt nimmt der Siegeszug des VHM-Schaftfräsers seinen Lauf. Die Firma WNT vertreibt ihn seit Februar 2016 unter dem Namen »S-Cut« in ihrem Online-Shop und auf Messen. Das Werkzeug, das kaum teurer ist als herkömmliche Modelle, wird schon in 19 Ländern ausgeliefert. »Der Umsatz lag im Jahr 2016 deutlich über unseren Erwartungen«, so Westermann. Ende 2016 folgt für den Bayreuther Forscher ein weiterer Höhepunkt. Bei den Gesprächen zur Patentanmeldung ermutigt ihn Schaeffer, eine Bewerbung zum IPA-internen Hans-Jürgen Warnecke Innovationspreis einzureichen. Als einer von sieben Nominierten stellt Westermann am 9. Dezember sein

Projekt einer unabhängigen Fachjury vor. Diese ist von dem Marktpotenzial so überzeugt, dass sie ihn als Gewinner auswählt. »Bei der Siegerehrung traute ich meinen Ohren kaum. Als Platz drei und zwei verlesen wurden, hatte ich den Preis schon abgeschrieben«, berichtet Westermann. Den Innovationspreis sieht er als krönenden Abschluss seines Herzensprojekts. »Die Auszeichnung hat mir noch einmal bestätigt, dass mein Werkzeug nicht nur der Wissenschaft hilft, sondern auch der Industrie«, erklärt er.

Hartnäckigkeit, Fleiß und ein Quäntchen Glück

Seinen Kollegen aus der Forschung rät Westermann, bei Rückschlägen nicht gleich aufzugeben. Als der Innovationsgehalt seines Forschungsantrags angezweifelt wurde und die Industrie das Projekt schlechtredete, habe er alles auf eine Karte gesetzt. »Ich habe gewusst, dass meine Stelle bei Fraunhofer vom Erfolg dieses Projekts abhängt. Wäre ich gescheitert, hätte ich das akzeptiert und mich in der Industrie umgesehen«, erklärt er. Zahlreiche schlaflose Nächte, eine Menge Arbeit, ein Quäntchen Glück und die Leidenschaft für sein Projekt haben ihn aber letztendlich zum Erfolg geführt. Als langfristiges berufliches Ziel hat sich Westermann eine Professur gesteckt. »Mir macht es unheimlichen Spaß, Neues zu erforschen und Wissen zu vermitteln. Deshalb möchte ich später Professor werden«, erklärt der heute 34-Jährige. ■

Kontakt

Dr. Hans-Henrik Westermann
 Telefon +49 921 78516-400
hans-henrik.westermann@ipa.fraunhofer.de
 Fraunhofer-Projektgruppe Regenerative Produktion
 Universitätsstraße 9
 95447 Bayreuth

2. Platz Hans-Jürgen Warnecke Innovationspreis 2016

Neues Kamerasystem zeigt Tumore farbig an

Tumore zu entfernen, ist für Chirurgen ein besonders schwieriges Unterfangen. Denn die betroffenen Stellen sind mitunter vom gesunden Gewebe kaum zu unterscheiden. Das Fraunhofer IPA hat ein Kamerasystem entwickelt, das Fluoreszenz und Farbbilder detektiert. Auf diese Weise soll dem Chirurgen geholfen werden, die angefärbten Tumore besser zu sehen und gezielter zu behandeln.

Um Tumore zu untersuchen, schaut sich der Chirurg die betroffenen Stellen zunächst mit dem Endoskop an. Allerdings sei es selbst mit geschultem Auge und Spezialausbildung in vielen Fällen äußerst schwierig zu erkennen, wo der Krebs anfängt und wo er endet, kritisiert Nikolas Dimitriadis, Wissenschaftler der Fraunhofer-Projektgruppe für Automatisierung in der Medizin und Biotechnologie PAMB in Mannheim. Im OP-Saal erfordere es viel Fingerspitzengefühl, die Schnitte so anzusetzen, dass der Tumor komplett entfernt und gesundes Gewebe dabei geschont wird.

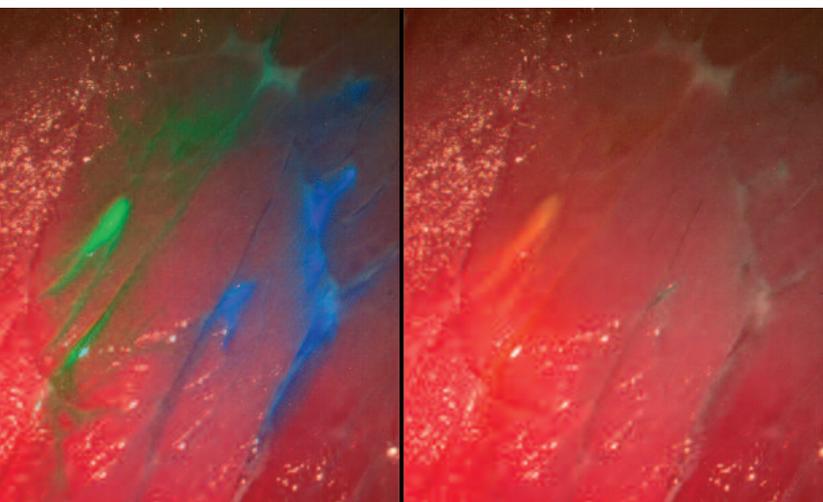
Mit Fluoreszenz ist es schon heute in einigen Bereichen möglich, tumorartiges Gewebe sichtbar zu machen. Dabei wird der Stoff, der die betroffenen Stellen aufleuchten lässt, entweder oral verabreicht oder direkt in die Blase eingeleitet. Hier gibt es aber noch Optimierungspotenzial. So ist der zugeführte

Farbstoff viel schwächer als das Umgebungslicht. In der Neurochirurgie, die ohnehin schon ohne Farbbilder auskommen muss, muss der Mediziner den Raum abdunkeln, um den Farbstoff zu sehen. In der Urologie muss er auf das Farbbild des Endoskops verzichten, wenn er die angefärbten Stellen betrachten will.

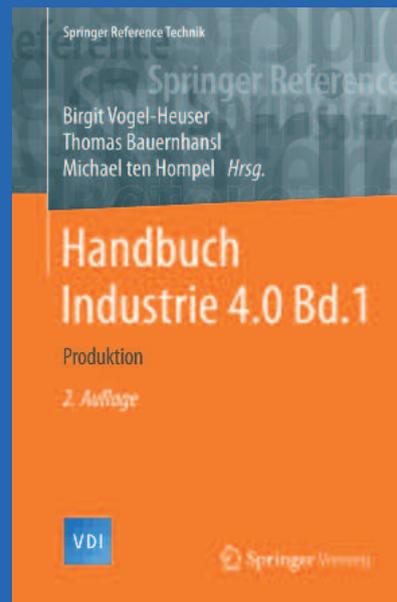
Das Kamerasystem der IPA-Wissenschaftler, das sie »Multi-spektrale Intraoperative Echtzeit-Bildgebung« nennen, bietet hier einen entscheidenden Vorteil: Es zeigt den Farbstoff und das Farbbild gleichzeitig an. Dafür benötigt das Forscherteam nur eine spezielle Beleuchtung, Kameras und ein Filterset, um bis zu sechs Farbstoffe zeitgleich darzustellen. Eine eigens entwickelte Software analysiert und verarbeitet die Bilder in Sekundenschnelle und präsentiert sie fortlaufend während der Operation auf einem Monitor. Dabei wird das normale Farbbild mit den Informationen aus dem Fluoreszenzbild überlagert. Weiterhin lässt sich das Kamerasystem flexibel auf andere Farbstoffkombinationen umrüsten. Präparate, wie etwa die 5-Aminolävulinsäure, mit der Mediziner u. a. Gehirntumore sichtbar machen, lassen sich damit detektieren. In Zukunft sei es vorstellbar, empfindliche Strukturen wie Nerven, die keinesfalls verletzt werden dürfen, damit farbig hervorheben. ■

Kontakt

Nikolaos Deliolanis
 Telefon +49 621 17207-178
 nikolaos.deliolanis@ipa.fraunhofer.de
 Fraunhofer-Projektgruppe für Automatisierung in der Medizin und Biotechnologie PAMB
 Theodor-Kutzer-Ufer 1–3
 CUBEX41
 68167 Mannheim



Die neue Kamera zeigt mit Fluoreszenzfarbstoffen eingefärbte Strukturen an, in diesem Fall in grün und blau.



Wegweisende Werke in neuer Auflage

Das Fraunhofer IPA und seine Partner konzentrieren sich nicht nur auf kurzfristige Wirtschaftstrends, sondern verfolgen ihre Forschungsthemen nachhaltig. Das zeigen die Werke »Energieeffizienz in Deutschland – eine Metastudie« und »Handbuch Industrie 4.0«, die jetzt mit erweiterten Inhalten in zweiter Auflage erschienen sind.

Die Metastudie »Energieeffizienz in Deutschland « hat das Institut für Energieeffizienz in der Produktion EEP im Dezember 2016 in zweiter Auflage veröffentlicht. Herausgeber sind IPA-Institutsleiter Thomas Bauernhansl und Alexander Sauer, Leiter des EEP. Die Studie liefert aktualisierte Zahlen, Daten und Fakten zum Entwicklungs- und Kenntnisstand der Energieeffizienz in Deutschland. Sie zeigt auf, welchen Beitrag einzelne Energieeffizienzmaßnahmen bisher geleistet haben und welche Einsparpotenziale zwar bekannt sind, aber bisher noch nicht umgesetzt wurden. Neben den überarbeiteten Daten macht das Werk auf neue relevante Veröffentlichungen aufmerksam und beschreibt zusätzliche Ansätze, Energieeffizienzpotenziale zu nutzen. Für die Ausarbeitung haben die Autoren mehr als 250 Veröffentlichungen von Forschungseinrichtungen, Ministerien, Fach- und Industrieverbänden identifiziert und ausgewertet. Die Studie umfasst 321 Seiten und kostet bei Springer als Hardcover 79,99 €.

Auch das »Handbuch Industrie 4.0«, das bereits 2014 unter dem Titel »Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik«

bei Springer erschienen ist, wurde im Januar 2017 zum zweiten Mal aufgelegt. In nunmehr vier Bänden schreibt die Neuauflage die Geschichte der industriellen Revolution fort und zeigt, was in den vergangenen zwei bis drei Jahren weiterentwickelt und verwirklicht wurde. Experten aus Wissenschaft und Technik beleuchten verschiedene Facetten von Industrie 4.0 und schaffen gleichermaßen einen Überblick über den Stand der Technik und den Forschungsbedarf für zukünftige Innovationen. Neueste wissenschaftliche Erkenntnisse werden ergänzt durch Praxisbeispiele und Übersichtsbeiträge. Thematisch reicht das Spektrum von Basistechnologien (z. B. cyberphysische Systeme) über Integrations- und Migrationsansätze bis hin zu Geschäftsmodellen und Dienstleistungen. Zudem werden Datensicherheit und weitere rechtliche Aspekte thematisiert. Der erste Band umfasst die neuen und aktualisierten Beiträge zur Industrie 4.0 in der Produktion, der zweite behandelt die Automatisierung, der dritte die Logistik und der vierte die allgemeinen Grundlagen. Die einzelnen Bände umfassen zwischen 263 und 611 Seiten und kosten bei Springer als Druckausgabe zwischen 29,99 Euro und 59,99 €. Das Werk erscheint aber auch als »Living Reference Work«, das kontinuierlich online aktualisiert wird.

Kontakt

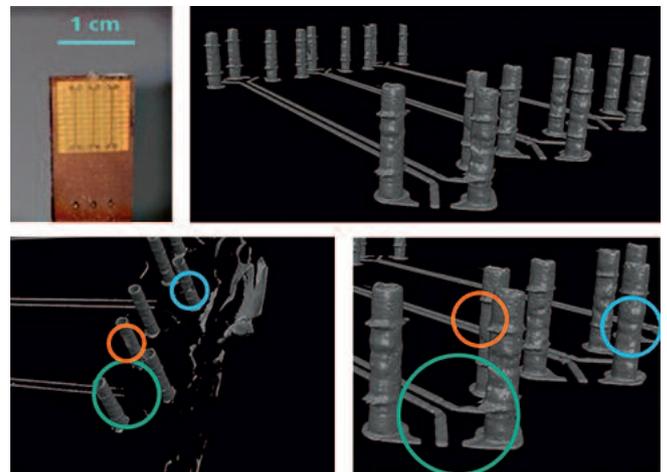
Dr. Birgit Spaeth
Telefon +49 711 970-1810
birgit.spaeth@ipa.fraunhofer.de

3. Platz Hans-Jürgen Warnecke Innovationspreis 2016

Zerstörungsfrei und berührungsstrukturen vollständig char

Elektronische Geräte müssen heute immer größere Datenmengen in gleichzeitig immer kleineren und kompakteren elektrischen Strukturen übertragen. Deshalb wird mit aufwendigen Messverfahren das Übertragungsverhalten der Schaltungen und Baugruppen gemessen. Mit einem neuartigen Verfahren zur berührungslosen und breitbandigen Bestimmung von elektrischen Parametern auf Basis der röntgenbasierten Computertomographie (CT) ist es Wissenschaftlern des Fraunhofer IPA und des IPVS der Universität Stuttgart gelungen, das Verhalten mit den tatsächlichen Bauteilstrukturen zu simulieren und die Qualitätsanalyse deutlich zu verbessern.

Elektronische Geräte in der Industrie, dem Consumer-Bereich, der Logistik und der Mess und Medizintechnik generieren und verarbeiten immer größere Datenmengen wie Full-HD-Videos, 3D-Bilddaten oder Daten aus medizinischen Datenbanken. Gleichzeitig werden elektrische Strukturen und Platinen immer kleiner und kompakter, weisen also eine stetig steigende Integrationsdichte auf. Die zunehmenden Datenmengen und Bandbreiten erfordern vielfach die Implementierung von Multi-Gigabit-Verbindungen zwischen Komponenten in Systemen und den Systemen selbst, also zwischen sogenannten Interfaces und Netzwerken. Der Frequenzbereich der übertragenen Signale auf physikalischer Ebene solcher Multi-Gigabit-Systeme liegt im ein- bis zweistelligen GHz-Bereich und steigt kontinuierlich. Für die Systemrealisierung bedeutet das, dass Methoden und Messverfahren der Hochfrequenztechnik für diese Multi-Gigabit-Verbindungen eingesetzt werden. Benötigt werden dafür sogenannte Streuparameter, kurz S-Parameter. Sie dienen zur Charakterisierung von elektrischen Leitungsstrukturen auf Basis von Transmission und Reflexion von Wellen. Sie beschreiben das Übertragungsverhalten von Schaltungen und Baugruppen, zum Beispiel Dämpfung oder Verstärkung von Signalen, als Black Box und ermöglichen die getreue Abbildung des elektromagnetischen Verhaltens realer Leitungsstrukturen im Computer durch Simulation. Typischerweise müssen diese Leitungsstrukturen nach dem Stand der Technik mit spe-



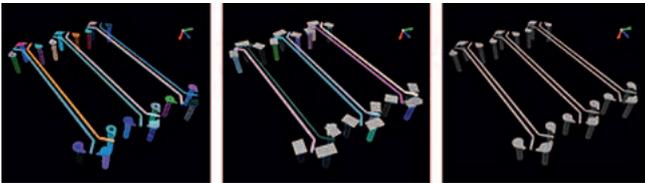
Oben: Foto der untersuchten Leitungsstruktur (Leiterbahnen und VIAs) und vollständiges Oberflächenmodell der relevanten Strukturen erzeugt aus CT-Daten; unten: Vergleich der Ergebnisse der Oberfläche, erzeugt mit klassischem Marching-Cubes-Verfahren (links) und mit der neu entwickelten Vorverarbeitung (rechts).

ziellen Messgeräten wie einem vektoriiellen Netzwerkanalysator (VNA) zum Teil außerordentlich aufwendig bestimmt werden.

3D-Modelle von realen Leitungsstrukturen

Demgegenüber haben Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des Fraunhofer IPA und der Universität Stuttgart ein neuartiges Verfahren zur berührungslosen und breitbandigen Bestimmung von elektrischen Parametern und insbesondere von S-Parametern auf Basis der röntgenbasierten Computertomographie (CT) entwickelt. Sein Grundprinzip: Mit einer Software werden nach der Durchstrahlung der Multi-Gigabit-Verbindungsstrukturen metallische Komponenten von nichtleitenden Substanzen, sogenannten Dielektrika, im 3D-Volumendatensatz der CT separiert, automatisiert geometrisch erfasst und klassifiziert. Das Ziel dabei ist die Erstellung vollständiger 3D-Modelle aller vorhandenen Leitungsstrukturen. Im Unterschied zu den CAD-Modellen, die zur Fertigung der Leitungsstrukturen verwendet werden und die die idealen, nominalen Geometriewerte ent-

berührungslos reale Leitungs- strukturen charakterisieren



3D-CAD-Modellerzeugung von Leiterbahnen und VIAs mit neuem Verfahren: von Bereichssegmentierung (links) über Regelgeometrie-einpassung (Mitte) bis zum 3D-CAD-Modell (rechts).

halten, handelt es sich bei den CT-basierten 3D-Modellen um die tatsächlichen geometrischen Abmessungen der untersuchten Objekte. Das heißt, die CT-basierten 3D-Modelle beinhalten die Abweichungen von der nominalen Geometrie nach der Fertigung. Diese 3D-Modelle werden im Anschluss als Eingangsdaten für die elektromagnetische Feldsimulation verwendet, um elektrische Parameter des Untersuchungsobjekts zu ermitteln. Da es sich bei der Herstellung von Leiterbahnen, gerade mit geringen Abständen und mehrschichtigen Strukturen, um einen komplexen Prozess mit einigen schwer zu steuernden Herstellungsschritten handelt, unterscheiden sich reale und vorab modellierte Strukturen häufig stark voneinander. Der Einfluss dieser Abweichungen auf das spätere elektrische Verhalten des finalen Bauteils ist unter Umständen sehr groß. Daher ist der Bedarf einer verbesserten Analyse- methode enorm.

Entwicklungskosten deutlich reduziert

Durch die Nutzung der CT-Technologie können insbesondere auch unzugängliche Strukturen innerhalb von Platinen wie Bonddrähte und Leitungen zwischen den Gehäusekontakten und dem Chip oder bereits mit Bauteilen bestückte Multilayer-Boards untersucht und deren S-Parameter ermittelt werden. Die zerstörungsfreie Charakterisierung unzugänglicher Strukturen bringt im Vergleich zur elektrischen Messtechnik große Vorteile. Sie bietet die vollständige, zerstörungsfreie und berührungslose Charakterisierung von realen Leitungsstrukturen.

Außerdem reduziert das vorgeschlagene CT-basierte Verfahren die Entwicklungskosten um den Faktor 10 bis 100 oder mehr gegenüber der Nutzung eines konventionellen Messgeräts. Dies gilt insbesondere bei Problemen während der Gesamtintegration eines elektronischen Systems, da sich dabei die Fertigstellung des Produkts und somit die Auslieferung beim Kunden verzögern kann. ■

Kontakt

Dr.-Ing. Julia Denecke
Telefon +49 711 970-1829
julia.denecke@ipa.fraunhofer.de

Ira Effenberger
Telefon +49 711 970-1853
ira.effenberger@ipa.fraunhofer.de

Projektinformationen

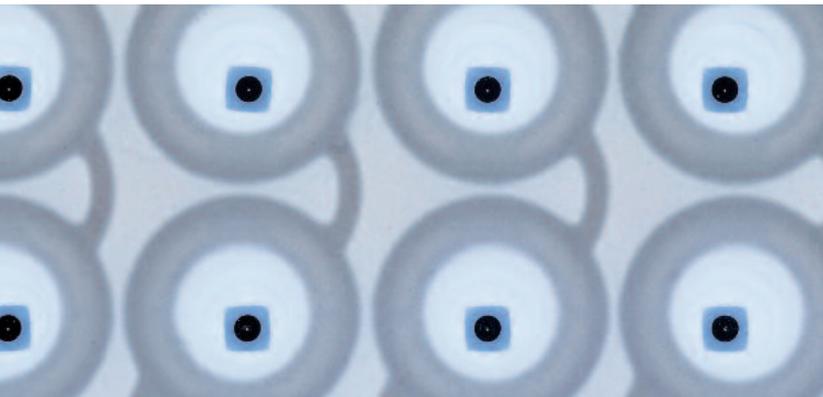
Computertomographie-Datenverarbeitung zur Modellerzeugung für die Bestimmung elektrischer Parameter von Multi-Gigabit-Systemen.

Von Dr.-Ing. Julia Denecke, Ira Effenberger, Jens Kühnle, Christian Jauch

Das gemeinsame Forschungsvorhaben des Fraunhofer IPA und der Universität Stuttgart, Institut für verteilte und parallele Systeme (IPVS), wurde im Rahmen des BMBF-VIP Projekts »BEP-CT: Die berührungslose und breitbandige Bestimmung elektrischer Parameter für Multi-Gigabit-Systeme auf Basis der Computertomographie« in der Zeit vom 1.10.2013 bis 30.9.2016 bearbeitet.

3. Platz Hans-Jürgen Warnecke Innovationspreis 2016

Einzelne Zellen handhaben und detektieren für den Hochdurchsatz



Für die Diagnose und Therapie vieler Krankheiten, aber vor allem auch für die Produktion vieler Medikamente sind die Isolierung und Handhabung von Einzelzellen wichtige Werkzeuge. Ein schnelles effizientes Zellsortierungs- und Handhabungssystem des Fraunhofer IPA kann Kosten und Zeit in der Entwicklung und Produktion von neuen Arzneimitteln drastisch verringern.

Viele Erkrankungen werden durch einzelne Zellen bewirkt. Zirkulieren in der Blut- oder Lymphlaufbahn beispielsweise Tumorzellen, können Tumore entstehen oder sich Metastasen im Körper bilden. Dieses Wissen aus der Einzelzellanalytik der Lebenswissenschaften soll zukünftig als diagnostisches Werkzeug oder zur Entwicklung sehr spezifisch wirkender Arzneimittel genutzt werden. Gelingt die Isolation und eine Vorselektion auf eine überschaubare Anzahl einzelner Zellen, so können die existierenden Werkzeuge zur Analyse des Genoms, Transkriptoms und Proteoms auf diese Zellen angewendet werden. Was in der fehlerhaften Zelle abläuft und welche Effekte der Defekt hervorruft, können dadurch entdeckt und Maßnahmen zur Therapie abgeleitet werden.

Außer für Diagnose und Therapie von Krankheiten sind die Einzelzellhandhabung und Einzelzellablage wichtige Werkzeuge

in der Produktion vieler Medikamente. Heute auf den Markt kommende Arzneimittel werden zunehmend biotechnologisch produziert. Alle dort eingesetzten Zellen sind Klone, die auf eine einzelne Zelle zurückgehen. Die Identifikation dieser »Ursprungszelle« erfolgt in einem vorgelagerten aufwendigen Entwicklungsschritt, in der die optimal produzierende Zelle aus einer riesigen Zellkohorte isoliert, abgelegt und anschließend weiter kultiviert wird.

Es sind bereits verschiedene Methoden zur Isolierung und Handhabung von Einzelzellen am Markt etabliert. Alle zeichnen sich durch hohe Kosten oder durch einen begrenzten Durchsatz aus. Wissenschaftler haben die am Fraunhofer IPA entwickelte, bereits etablierte I-DOT-Technologie (immediate-drop-on-demand-Technology) weiterentwickelt und aufgerüstet. Das neue Werkzeug zur Einzelzellhandhabung und Selektion »FASCINATE« (Fluorescence Activated Single Cell Isolation using Nanodroplet Technologies) besteht aus Gerätemodulen einer zellschonenden Dosierung einzelner Zellen in

I-DOT-Technologie

Der I-DOT ist ein Dispensiergerät zur Dosierung von flüssigen Proben direkt aus einer Mikrotiterplatte heraus. Das Prinzip basiert auf einem dünnen Loch, durch das die Flüssigkeit aufgrund der im Normalzustand wirkenden Kapillarkräfte nicht austritt. Durch einen kurzen Druckluftimpuls, der über ein Schnellschaltventil erzeugt wird, lassen sich die Kapillarkräfte überwinden, sodass eine definierte Menge an Flüssigkeit nach unten aus einem Einzelwell einer Mikrotiterplatte dosiert werden kann. Das minimal dosierte Volumen liegt bei 2 nL. Die Einzeltropfen können mit einer Frequenz von bis zu 400 Hz pro Kanal dosiert werden.



einzelnen Tropfen, einer Detektionseinheit zur Identifizierung von Einzelzelltropfen sowie einer Analytik zur spezifischeren Charakterisierung einer Einzelzelle im Tropfen.

Handhabung setzt gleichmäßige Verteilung der Zellen voraus

Die Handhabung von Zellen, insbesondere Einzelzellen, stellt enorme Herausforderungen an die eingesetzten Werkzeuge. Die Handhabung muss zum einen steril erfolgen, während der gesamten Prozessschritte darf keine Kontamination mit Fremdzellen auftreten. Zum anderen müssen die physikalischen Einflüsse verstanden und kontrolliert sein, da zum Beispiel zu hohe Scherkräfte zu einem Absterben der Zellen führen können. Eine wichtige Voraussetzung für die erfolgreiche Zellvereinzelung ist die gleichmäßige Verteilung der Zellen im Ausgangsgefäß, um diese homogen und letztendlich vereinzelt aus diesem dosieren zu können – eine große Herausforderung für viele Zellarten. Der Grund: Zellen sedimentieren als Partikel und viele Zellarten neigen dazu, zu verklumpen, was diesen Vorgang noch verstärkt. Im Extremfall kann dies zu einer Verstopfung des eingesetzten Dosier- oder Pipettiertools führen.

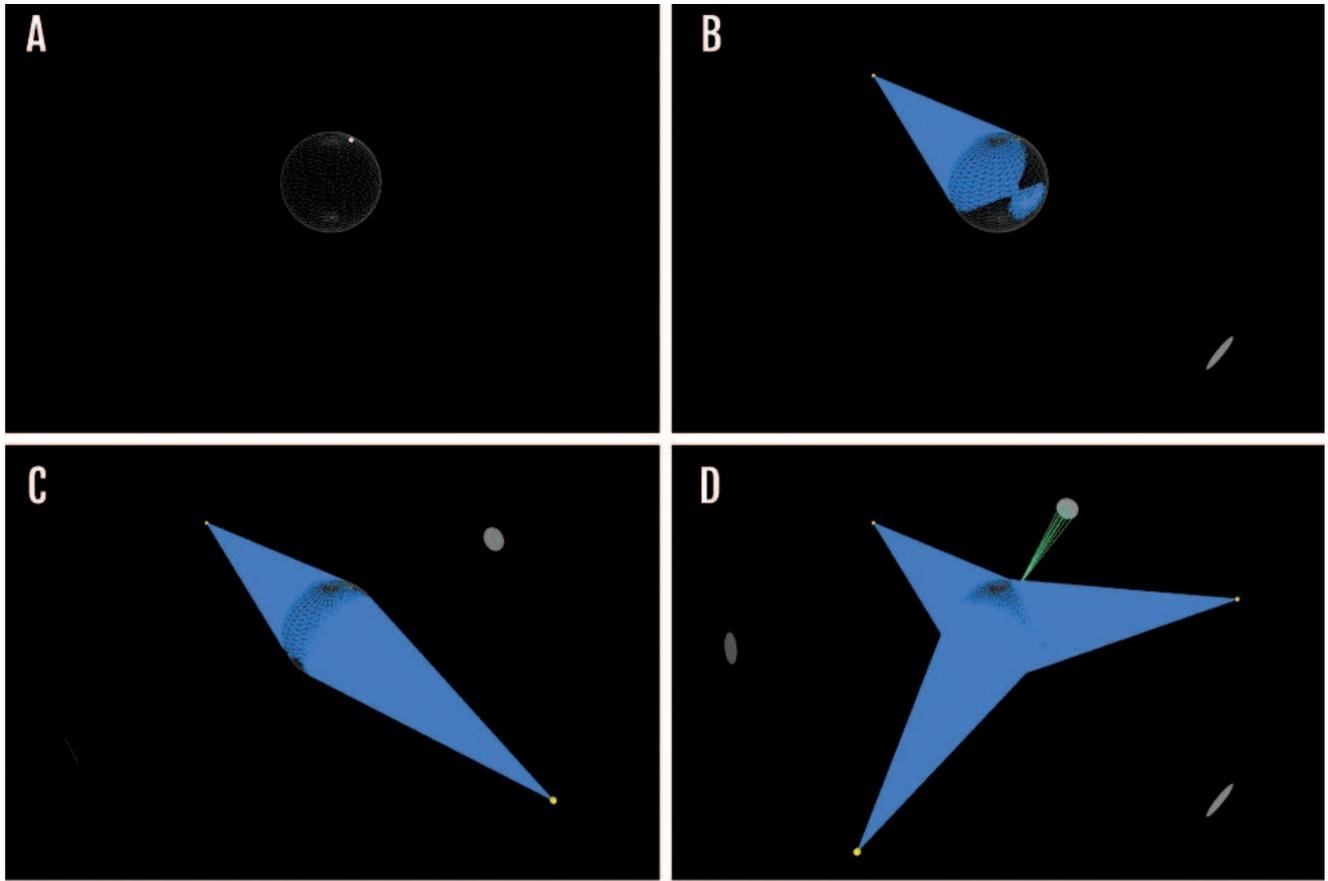
Oben: Automatisiertes Beladen des I-DOTs. Die einfache Einbindung in komplexe biologische Prozesse wird durch standardisierte Geräteschnittstellen ermöglicht. Linke Seite: Isolierung von Zellen in einer Multititerplatte: Das Prinzip dabei lautet: »one cell one well«.

Dispensiergerät mit hohem Zelldurchsatz

Für viele der oben beschriebenen Anwendungsfälle, vor allem in der Produktion von Arzneimitteln, liegen sehr große Zellzahlen vor. Hier muss die Isolierung und Einzelzellablage in einer sehr hohen Vereinzlungsrate und im Idealfall parallelisiert durchgeführt werden. Der I-DOT bietet die idealen Voraussetzungen dafür, da er bis zu acht Tropfen im Nanoliterbereich gleichzeitig dosieren kann.

Vier Einzeltechnologien für eine ganzheitliche Zellvereinzelungs-, Dosier- und Detektionseinheit

Zur Umsetzung von FASCINATE wurden vier Technologien entwickelt, die Resuspendier-, Dosier-, Zelldetektions- und die Auswerteeinheit. In der sogenannten Resuspendiereinheit wird das Stoffgemisch wiederholt aufgemischt, um eine effektive



Simulation verschiedener Anregungs- und Detektor-Geometrien für eine Einzelzelle am Rand des Tropfens (A). Eine Anregungsquelle und ein Detektor (B) sowie zwei Anregungsquellen und zwei Detektoren (C) sind nicht im Stande die Zelle zu detektieren. Erst durch eine dritte Anordnung (D) wird die Zelle erkannt.

Zellvereinzelung zu gewährleisten. Das patentierte Resuspendierverfahren besteht aus einer Pipettierneedle, die durch wiederholtes Aufsaugen und Auspipettieren der Zellsuspension an der Nadelspitze definierte und sehr geringe Scherspannungen erzeugt. Der eigentliche Dosiervorgang muss so erfolgen, dass auch hier möglichst geringe mechanische und fluidische Störkräfte auf die Zellen einwirken, die Zellschäden verursachen könnten. Hierfür wurde eine angepasste Düsengeometrie mit größeren Kapillardurchmessern und abgerundeten Kanten entwickelt. Die Hauptinnovation besteht in einem Detektionsmodul, das einzelne Zellen im Tropfen messen kann. Zu diesem Zweck werden spezifische Zellen mit unterschiedlichen Fluoreszenzfarbstoffen angefärbt. Über einen Laser mit einer spezifischen Anregungswellenlänge und einer spezifischen Detektionseinheit können dann die Zellen identifiziert werden. Die aufgenommenen Signale werden abschließend in Echtzeit ausgewertet, um leere Tropfen und Tropfen mit einer oder mehreren Zellen voneinander unterscheiden zu können.

Die aufgeführten Technologien wurden in einem ersten Versuchsstand getestet und werden nun als erste Anwendung in

den I-DOT integriert, um dieses grundsätzliche Dosierprinzip in ein schnelles effizientes Zellsortierungs- und Handhabungssystem zu erweitern. Darüber hinaus sind alle Einzeltechnologien auch in anderen Dosierverfahren einsetzbar. ■

Kontakt

Michael Klinger | Telefon +49 711 970-1627
michael.klinger@ipa.fraunhofer.de

Projektinformationen

»FASCINATE (Fluorescence Activated Single Cell Isolation using Nanodroplet Technologies) – Einzelzellhandhabung und Detektion für den Hochdurchsatz« von Michael Klinger, Christopher Laske, Lena Schober, Moriz Walter, Dr. Andrea Traube

Die Arbeit entstand im Rahmen des Stiftungsprojekts Ribolution Phase III im Zeitraum September 2015 bis August 2016.

»ARENA2036 ist ein wichtiger Zukunftskatalysator«

Im Herbst 2017 wird der ARENA2036-Neubau offiziell eröffnet. Wir sprachen mit Markus Schäfer, Mitglied des Bereichsvorstandes Mercedes-Benz Cars, Produktion & Supply Chain Management, der Verantwortlicher und Schirmherr seitens des Daimler-Konzerns für dieses strategische Zukunftsprojekt ist.

Herr Schäfer, in diesem Jahr öffnet der Forschungscampus »ARENA2036« offiziell seine Pforten. Freuen Sie sich auf diesen Meilenstein der Automobilproduktion der Zukunft in Baden-Württemberg?

Ja, sehr. Daimler steht für Top-Qualität von heute und wegweisende Innovationen und Technologien von morgen. Und mit ARENA2036 gehen wir einen weiteren wichtigen Schritt in die Zukunft. Denn wir haben das Automobil erfunden – und werden es wieder tun. Wir wollen den Wandel aktiv mitgestalten. Auch nach über 130 Jahren Automobilgeschichte stehen wir mit unseren Produkten und Ideen an der Spitze des Erfolgs und wollen diese Position auch in Zukunft ausfüllen. Die Rahmenbedingungen dafür sind vielversprechend: Wir befinden uns mitten in einer digitalen Transformation, in der uns neue Fahrzeug- und Mobilitätskonzepte beschäftigen – aber auch die Anwendung von künstlicher Intelligenz, wandlungsfähigen Fabriken und der Einsatz von neuen Materialien und Kommunikationswegen in der Automobilfertigung.

Welche Aufgaben wird Daimler in der ARENA2036 übernehmen?

Die ARENA2036 ist für uns ein wichtiger »Zukunftskatalysator«, um neue Ideen zu entwickeln und voranzubringen. Durch das Kooperationsmodell aus öffentlich-privater Partnerschaft und enger Anbindung an Hochschule und Forschung können wir gemeinsam komplett neue Ideen für eine mobile Zukunft pilotieren. Dabei sehen wir uns als Mitglied und Schlüsselpartner: Das Know-how unserer hochqualifizierten Ingenieure, die neuen



Quelle: Daimler AG

Ideen aus Unis und Think Tanks und die Motivation der Menschen sind das große Erfolgsrezept dieser Partnerschaft. In engem Schulterschluss mit Wirtschaft, Politik und Forschung werden wir die Trends von morgen entwickeln und umsetzen. Wir wollen weiterhin nah am Puls der Zeit sein – und mit unseren Partnern bei ARENA2036 sind wir dafür hervorragend aufgestellt.

Was haben Sie sich als Mitglied des Bereichsvorstandes Mercedes-Benz Cars, Produktion & Supply Chain Management für Ihr Unternehmen vorgenommen? Wo werden sie in den nächsten Jahren Schwerpunkte setzen?

Natürlich wollen wir weiterhin unsere Mitarbeiter und Kunden auf der ganzen Welt für unsere Fahrzeuge und die Marke »Mercedes-Benz« begeistern. Dabei müssen wir uns an den vier Megatrends unserer Branche ausrichten: Die Mobilität der Zukunft ist vernetzt, autonom, flexibel und wird von alternativen Antriebssystemen angetrieben. Genau hier wollen wir Vorreiter und Pionier sein. Bei der digitalen Transformation schauen wir über Unternehmensgrenzen hinaus und denken in größeren Dimensionen. Das wird weite Kreise ziehen und sich auch auf unsere Kooperationspartner und die gesamte Prozesskette auswirken. Für unser Produktionsnetzwerk bedeutet das: Wir werden unsere 29 Werke mit rund 78 000 Mitarbeitern weltweit auf die großen Entwicklungen und neuen Technologien ausrichten und vorbereiten. Gleichzeitig gilt es, hochflexibel und effizient unsere Produkte herzustellen – in Top-Qualität, jederzeit und an jedem Ort. ■

Weitere Informationen: www.arena2036.de

Vorschau Interaktiv Ausgabe 2|2017

Mehr als nur Zukunftsmusik

Viele Orgelbauer sind besorgt: Die Holzart Haselfichte, die sie seit jeher für ihre Instrumente verwenden, wird immer seltener und teurer. Zusammen mit der Firma Baumgartner Orgelbau aus Neudrossenfeld hat das Fraunhofer IPA in Bayreuth nach Alternativen geforscht. Bei einer Testreihe überzeugt kohlenstofffaserverstärkter Kunststoff (CFK) auf ganzer Linie.



Impressum

interaktiv Ausgabe 1|2017 | Das Kundenmagazin des Fraunhofer IPA

Herausgeber

Fraunhofer-Gesellschaft
Hansastraße 27c | 80686 München

Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA
Nobelstraße 12 | 70569 Stuttgart | Deutschland
Marketing und Kommunikation | Leitung: Fred Nemitz | fred.nemitz@ipa.fraunhofer.de

Redaktion

Ramona Hönl (rlh), Fred Nemitz, Christine Sikora/Hanne Betz/Armin Zebrowski (Bild und Produktion),
Dr. Birgit Spaeth, Dr. Karin Röhrich, Jörg-Dieter Walz (Chefredaktion, jdww)

Telefon +49 711 970-1667 | presse@ipa.fraunhofer.de

Fotos: Rainer Bez, Heike Quosdorf, Fraunhofer IPA

Druck: Wahl-Druck GmbH

Bestellservice

Telefon +49 711 970-1932 | marketing@ipa.fraunhofer.de | www.ipa.fraunhofer.de/Bestellservice.html



Titelbild: Additiv gefertigte Struktur mit integrierten Leiterbahnen und elektronischen Bauelementen.



**INDUSTRIE
WOCHEBW
2017** *mitmachen,
erleben*



**Wir sind dabei:
22. Juni 2017**

Mehr Informationen:
www.industriewoche-bw.de



Baden-Württemberg

MINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT, ARBEIT UND WOHNUNGSBAU

 **Fraunhofer**
IPA

Ziel dieser Aktionswoche ist es, den Standort Baden-Württemberg als Industrieregion mit Weltrang mit Vorträgen, Workshops, Werksführungen und weiteren Veranstaltungen »erlebbar« zu machen.

