

# interaktiv

DAS KUNDENMAGAZIN DES FRAUNHOFER IPA | 3.2015

Leichtbau im Takt der  
Autoschmieden

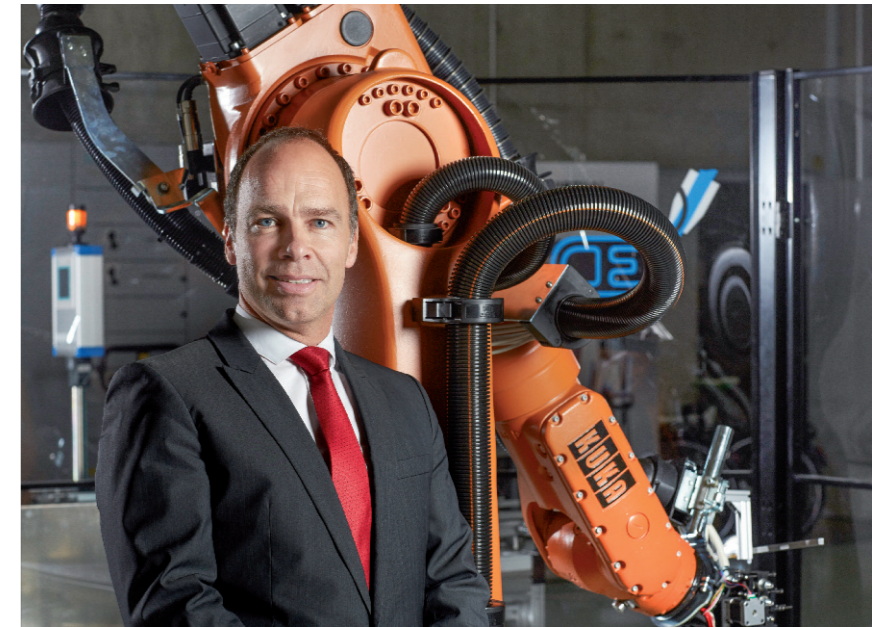
Faserverbundbauteile  
zerstörungsfrei geprüft

Zelltausch statt  
Batteriewechsel

**Liebe Leserin und lieber Leser,**

Leichtbau ist eines der fünf Leitthemen am Fraunhofer IPA. Insbesondere deshalb, weil damit eine ganzheitliche Ressourceneffizienz möglich wird. Im vorliegenden Interaktiv-Schwerpunktheft stellen wir Ihnen unsere zahlreichen Aktivitäten in diesem Bereich vor.

Neben der Titelgeschichte zum Automobilbau wird unter anderem die spannende Bearbeitung von kohlenstofffaserverstärkten Kunststoffen behandelt, wir stellen ein adaptives Absaugsystem für die Carbon-Verarbeitung vor, Fräswerkzeuge zur Bearbeitung eigenverstärkter Kunststoffe sowie die für den Leichtbau vom IPA weiterentwickelte Technik des Reibrührschweißens zur Verbindung von faserverstärkten Kunststoffen.



Quelle: Enno Kapitza

Einzelprojekte wie diese sind am Fraunhofer IPA in einen größeren Kontext eingebunden: Einerseits sind wir dabei, ein »Zentrum für Leichtbautechnologien« zu etablieren. Hier wird unter dem Motto »Leichtbau für Leichtbau« nicht nur mit neuen Materialien gearbeitet, sondern es werden auch neue leichte Komponenten für den Geräte-, Maschinen- und Anlagenbau entwickelt.

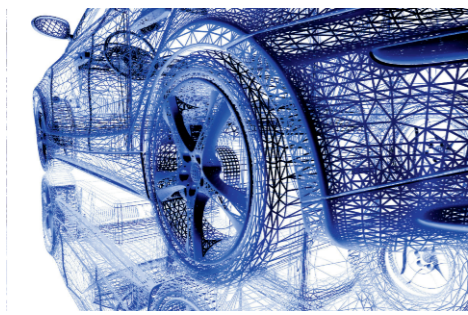
Andererseits arbeiten wir federführend auf dem Forschungscampus ARENA2036 (Active Research Environment for the Next Generation of Automobiles) mit. Gemeinsam mit der Universität Stuttgart und anderen Partnern entwickeln wir in der »Forschungsfabrik« des Campus wettbewerbsfähige Produktionssysteme für eine hochflexible Fabrik des smarten Leichtbau-Automobils der Zukunft.

Anfang Oktober legten Wirtschaftsminister Nils Schmid und Wissenschaftsministerin Theresia Bauer den Grundstein der ARENA2036. Als Projektleiter der »Forschungsfabrik« wird das Fraunhofer IPA hier Aktivitäten und Kompetenzen von Industrie und Hochschulen an einem Ort bündeln. Die Wissenschaftler aus den Hochschulen, den außeruniversitären Einrichtungen wie Fraunhofer und aus der Industrie arbeiten hier alle gemeinsam unter einem Dach. Darüber berichten wir im nächsten Interaktiv ausführlich.

Viele interessante Anregungen beim Lesen wünscht Ihnen Thomas Bauernhansl

Für jeden was dabei – Impulse 2016

Neuer Veranstaltungskatalog unter: [www.stuttgarter-produktionsakademie.de](http://www.stuttgarter-produktionsakademie.de)



Quelle: shutterstock – ArchMan

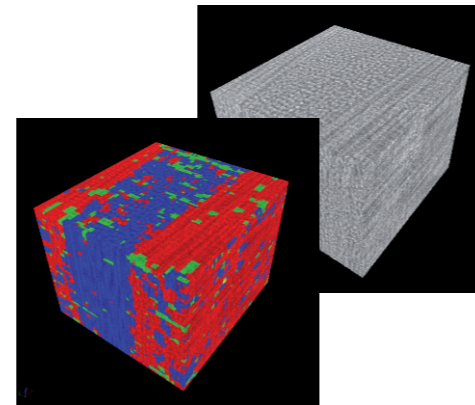
**10**  
**Leichtbau im Takt der Autoschmieden**

Faserverstärkter Kunststoff ergänzt immer mehr die herkömmlichen Metalle. Doch seine Herstellung ist für die Automobilindustrie noch zu aufwendig. Das Fraunhofer IPA sucht hier nach neuen Wegen. Seine Stärke: Es erforscht den gesamten Werdegang des Verbundwerkstoffs, von der Herstellung über die Bearbeitung, die Fügetechnik und die Oberflächenbehandlung bis hin zum Recycling.



**38**  
**Industrie 4.0 und die digitale Welt von morgen**

Ganz neue Formen des Wirtschaftens entstehen im Rahmen von Industrie 4.0. »Um Jobs und Wettbewerbsfähigkeit in der digitalen Welt von morgen zu sichern, müssen wir dafür sorgen, dass die erfolgreichsten Plattformen für das Internet der Dinge aus Deutschland kommen«, ist Thomas Bauernhansl überzeugt.



**28**  
**Faserverbundbauteile zerstörungsfrei geprüft**

Für die Prüfung von Faserverbundkunststoff-Bauteilen eignen sich verschiedene zerstörungsfreie Prüfverfahren. Um diese für den Leichtbau zu etablieren und zu kombinieren, wurde im Rahmen des EU-Projekts »QualiFibre« am Fraunhofer IPA eine Softwareplattform entwickelt.



**44**  
**Zelltausch statt Batteriewechsel**

Ideengeber Dr. Jonathan Brix, Projektleiter Mihai Dragan und Gruppenleiter Dr. Kai Pfeiffer sind von ihrer intelligenten Zelle mehr als überzeugt. Sie brennen dafür. Weil ihre Batterie smarter und nachhaltiger ist als die herkömmlichen am Markt, sehen sie riesiges Potenzial vor allem im automobilen Sektor. – Ein Interview.

**Editorial**

Von Thomas Bauernhansl 3

**Plattform**

Nachrichten und Notizen 6

**Titel**

Leichtbau im Takt der Autoschmieden 10

**FuE**

Internationale Sauberkeitsstandards für die Automobilindustrie 14  
 Reinigungslösungen auf Basis von CO<sub>2</sub> 15  
 Endbearbeitung von Faserverbundwerkstoffen 17  
 Den CFK-Partikeln auf der Spur 19  
 Fräswerkzeuge für eigenverstärkte Kunststoffe 20  
 Schulterschluss der deutschen Säge-Industrie 22  
 Reparatur- und Klebvorbereitung in einem Schritt 27

**Blickpunkt**

Faserverbundbauteile zerstörungsfrei geprüft 28

**FuE**

Handgerät prüft schnell und flexibel 30  
 Sichere Kunststoffverbindung durch Rührreißschweißen 31  
 Lackierbarkeit hochfester Kunststoffe sicherstellen 32

**Anwendungen**

»15 Jahre Rückstand in der Applikationstechnik aufgeholt« – Ein Interview 34

**Serie**

Industrie 4.0 und die digitale Welt von morgen – Chancen für Geschäftsmodelle, Jobs und die Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands 38

**FuE**

Effiziente Heizung für Elektroautos 40  
 Robotikbranche weiter auf Wachstumskurs 42  
 FTS für wandlungsfähige smarte Umgebungen 43

**Im Gespräch**

Zelltausch statt Batteriewechsel 44

**FuE**

Mit Ultraschall Papier schneiden 48  
 »Wir wollten einen charmanten Roboter gestalten« – Ein Interview 50  
 Leichtmetalloberflächen im Zeitalter des Leichtbaus 54

**Impressum**

55

## Festliche Grundsteinlegung für die Forschungsfabrik ARENA2036



Quelle: ARENA2036

Der Neubau für die Forschungsfabrik ARENA2036, in der das Fraunhofer IPA zusammen mit namhaften Partnern aus Wirtschaft und Forschung am Automobilbau der Zukunft arbeitet, geht bestens voran: Am 8. Oktober fand die Grundsteinlegung statt, an der über 200 Gäste teilnahmen, darunter der stellvertretende Ministerpräsident Nils Schmid sowie die Wissenschaftsministerin Teresia Bauer. Das Gebäude auf dem Vaihinger Unicampus wird ab 2017 rund 160 Wissenschaftlern Platz bieten, die neue Leichtbautechnologien sowie wandlungsfähige Produktionssysteme entwickeln. Am IPA entsteht hierfür u. a. ein flexibles Montagemodul, an dem Mensch und Roboter entsprechend ihrer Fähigkeiten zusammenarbeiten.

[www.arena2036.de](http://www.arena2036.de)

## Fabrik der Zukunft auf Forschungscampus



Im Juli sind die Firma TRUMPF – weltweit führend bei Werkzeugmaschinen für die flexible Blechbearbeitung und bei industriellen Lasern – und das Fraunhofer IPA eine fünfjährige strategische Kooperation eingegangen. Ziel dieser langfristigen Zusammenarbeit ist es, Erkenntnisse aus der aktuellen Forschung zu Industrie 4.0 in der Blechbearbeitung zu verankern. Im »TRUMPF LAB« arbeiten die Kooperationspartner daran, innovative Lösungen für die Fertigungstechnik der Zukunft zu entwickeln.

## Forschung auf 3000 Quadratmetern



Quelle: Werner Huthmacher, Berlin

Im August hat die Fraunhofer-Projektgruppe Prozessinnovation in Bayreuth ihr neues Gebäude eröffnet. Nach nur zwei Jahren Bauzeit und innerhalb des geplanten Budgets von 8,4 Millionen Euro konnte das Team um Professor Rolf Steinhilper seine neue Arbeitsstätte beziehen. Auf rund 3000 Quadratmetern haben die 44 Mitarbeiter reichlich Platz, sich ihrem Forschungsschwerpunkt »Regenerative Produktion« zu widmen. Unter anderem wurde eine Technikumshalle mit mehreren Lernfabriken errichtet, in der Unternehmen aus der Region die Methoden der Lean Production erleben können.

[www.ipa.fraunhofer.de/projektgruppe\\_bayreuth.html](http://www.ipa.fraunhofer.de/projektgruppe_bayreuth.html)

## Land bewilligt 2,4 Mio Euro für Solarzellenentwicklung und -fertigung

Im August hat Dr. Nils Schmid im Ministerium für Finanzen und Wirtschaft Baden-Württemberg die Bewilligung für das Projekt »InES« übergeben. »Industrie 4.0 im Einsatz für zukünftige Solarzellenentwicklung und -fertigung (InES)« wurde von den vier Verbundforschungspartnern, den beiden Fraunhofer-Instituten IPA und ISE, dem Institut für Photovoltaik der Universität Stuttgart und dem International Solar Research Center Konstanz (ISC) konzipiert. Das Projekt dient dazu, die industriellen Solarzellprozesse zu optimieren und den Photovoltaik-Maschinenbau zu einer künftigen wissens- und informationsbasierten Fertigung zu führen.



## Elektromobilität auf einem neuen Level

Das Fraunhofer IPA ist neben Daimler, Siemens, Infineon und BMW einer von 50 Partnern des Projekts »3Ccar«, das im Juni gestartet ist, eine Laufzeit von drei Jahren hat und sich mit integrierten Komponenten in Elektrofahrzeugen beschäftigt. Ziel des Forschungsvorhabens ist es, Elektromobilität auf ein neues technisches Niveau zu heben und die Relevanz der Fahrzeuge im Markt zu erhöhen. Gefördert wird das Projekt von der Europäischen Kommission.



Quelle: Picture-Factory – Fotolia

## Benchmark-Studie über Ressourceneffizienz erschienen

Ressourceneffizienz steht in Industrie und Politik ganz oben auf der Agenda – einerseits um Geld zu sparen, andererseits um die Umwelt zu schonen. Um Unternehmen bei der Identifikation geeigneter Maßnahmen zu unterstützen, hat das Fraunhofer IPA eine Benchmark-Studie zu dem Thema durchgeführt. Die Grundlage für das ca. 200 Seiten umfassende Werk bilden Forschungsberichte aus öffentlich geförderten Ressourceneffizienzprojekten. Die Studie »Analytische Untersuchungen zur Ressourceneffizienz im verarbeitenden Gewerbe« kann kostenlos heruntergeladen werden unter:

[www.ipa.fraunhofer.de/studien.html](http://www.ipa.fraunhofer.de/studien.html)



Analytische Untersuchung zur  
Ressourceneffizienz im verarbeitenden Gewerbe

April 2015

Baden-Württemberg Fraunhofer IPA

## Universitätspreis für Diplomarbeit



Julian Mack (li) mit Dr. Volkmar Denner (re).

Quelle: Alexander Schmitt, DigitalDesign Team  
Radwan/Schmitt GbR, Stuttgart

Für seine am IPA betreute Diplomarbeit hat Julian Mack im Juli den »Preis der Freunde« der Universität Stuttgart erhalten. Der Absolvent hat zusammen mit der Abteilung Leichtbautechnologien und dem Institut für Industrielle Fertigung und Fabrikbetrieb (IFF) ein Handgerät entwickelt, mit dem das Rührreißschweißen zu einem mobil anwendbaren Schweißprozess für thermoplastische Kunststoffe umfunktioniert werden konnte. »Mit den Erkenntnissen aus der Abschlussarbeit könnte ein Prototyp umgesetzt werden, der es uns ermöglicht, das Rührreißschweißverfahren flexibel einzusetzen und neue Anwendungsgebiete zu erschließen«, freut sich IPA-Betreuer Manuel Schuster. Der »Preis der Freunde« ist mit 1000 Euro dotiert und wird seit 1973 jährlich für besondere wissenschaftliche Leistungen vergeben. Den Preis übergab Dr. Volkmar Denner, Erster Vorsitzender der Vereinigung von Freunden der Universität Stuttgart e.V. und Vorsitzender der Geschäftsführung der Robert Bosch GmbH.

## Informationspflicht verschärft



Nach Artikel 33 der Europäischen Chemikalienverordnung »REACH« ist der Lieferant eines Erzeugnisses verpflichtet, gewerbliche Abnehmer über besonders besorgniserregende Stoffe (SVHC – Substances of very high concern) in ihren Produkten unmittelbar zu informieren, sofern deren Konzentration größer als 0,1 Masseprozent im Erzeugnis übersteigt. Umstritten war bisher, ob sich der Schwellenwert von 0,1 Masseprozent auf das gesamte Erzeugnis oder auch auf Teilerzeugnisse bezieht. Im September hat der Europäische Gerichtshof entschieden: Unter die Informationspflicht über SVHC-Stoffe fallen die Teilerzeugnisse. IPA-Wissenschaftler Sebastian Müller berät Unternehmen, wie sie mit der neuen Gesetzeslage, den Einschränkungen in der Verwendung und Zulassung sowie den Informationspflichten für die betroffenen Stoffe, Substanzen und Produkte umgehen sollten.

Sebastian Müller | Telefon +49 711 970-1163 | [sebastian.mueller@ipa.fraunhofer.de](mailto:sebastian.mueller@ipa.fraunhofer.de)  
[www.ipa.fraunhofer.de/informationspflicht\\_svhc-stoffe.html](http://www.ipa.fraunhofer.de/informationspflicht_svhc-stoffe.html)

## Neuer Ansatz für die ultraeffiziente Produktion



Ressourceneffizienz und Umweltverträglichkeit sind wichtige Kriterien für den wirtschaftlichen Erfolg eines Unternehmens. Mit der Ultraeffizienzfabrik haben die Stuttgarter Fraunhofer-Institute IPA, IAO und IGB einen neuen Ansatz entwickelt, der auf eine bestmögliche Rohstoffverwertung abzielt und Emissionen weitgehend vermeidet. Bei der Konferenz »Ultraeffizienzfabrik« am 9. Dezember in Fellbach zeigen die Forschungseinrichtungen den Unternehmen in Workshops, Live-Demos und Vorträgen, wie sie das Konzept für sich nutzen können. Neben Experten aus Industrie und Forschung tritt auch Franz Untersteller, Minister für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft, als Referent auf.

Anmeldung bis zum 25. November 2015 unter: [www.ultraeffizienzfabrik.de](http://www.ultraeffizienzfabrik.de)

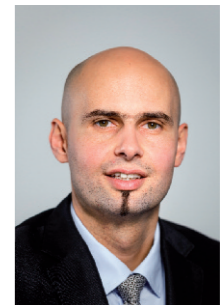
## Geschäftsfelder mit neuer Stärke

Seit dem Jahr 2012 werden die Fachabteilungen des Fraunhofer IPA durch Geschäftsfelder, die Zukunftsbranchen im Blick haben, ergänzt. Mit dieser Struktur unterstützt das Institut seine Kunden dabei, die passende Forschung und Entwicklung abteilungsübergreifend zu identifizieren, um Marktpositionen zu verbessern und Markteintritte in neue Anwendungsbereiche zu erleichtern. Des Weiteren sollen industrielle Projektpartnerschaften wie der Forschungscampus ARENA2036 oder Kooperationen im Applikationszentrum Industrie 4.0 und anderen Zentren schneller und effizienter vorangetrieben werden können.

Die Geschäftsfeld- und Abteilungsleitung erfolgte in der Vergangenheit mehrheitlich in Personalunion. Inzwischen sind die Geschäftsfelder erfolgreich gestartet. Nunmehr stehen vier von sechs Geschäftsfeldern hauptamtliche Geschäftsfeldleiter in Vollzeit vor. Unter dem Motto »One Face to the Customer« können Industrieanfragen gezielter entgegen genommen und auf Projektebene abgewickelt werden. Zusätzlich werden die strategischen Initiativen »Mass Sustainability« und »Mass Personalization« branchenkompatibel mit Leben gefüllt.

Seit August 2015 ist Dr. Bernhard Budaker neuer Leiter des Geschäftsfelds Automotive. Der promovierte Maschinenbauer aus Waiblingen begann seine Laufbahn als Wissenschaftler bei der Universität Stuttgart und leitete seit 2008 in der Abteilung Biomechatronische Systeme die Gruppe Bewegungskontrollsysteme.

»Ein großes Thema für die Industrie und somit auch für uns ist die Reduktion des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes und die Digitalisierung im Automobilbau.«



Mit Tobias Brode hat auch das Geschäftsfeld Medizin- und Biotechnik seit September 2015 einen neuen hauptamtlichen Vorsitz. Nach seinem Studium der Mikrosystemtechnik an der HTW Berlin kam Brode 2007 als wissenschaftlicher Mitarbeiter der Abteilung Laborautomatisierung und Bioproduktionstechnik zum Fraunhofer IPA. Seit 2009 leitete er dort die Gruppe Liquid Handling und Related Robotics.

»Gesundheit ist ein wichtiges Gut. Mit Blick auf den demographischen Wandel gibt es hier in Zukunft sehr viel Handlungsbedarf.«



Zum 1. Oktober bekam auch das Geschäftsfeld Maschinen- und Anlagenbau Verstärkung in Vollzeit: Martin Schleaf war nach seinem Studium der Verfahrenstechnik an der TU Hamburg-Harburg 18 Jahre im internationalen Fabrik- und Anlagenbau tätig. Er bringt umfassende Kenntnisse in Planung, Ausführung und Projektmanagement mit.

»Um die Wettbewerbsfähigkeit zu erhöhen, gibt es viele Potenziale. Diese zu finden und gemeinsam zu heben, ist unser Ziel.«



**Faserverstärkter Kunststoff ergänzt immer mehr die herkömmlichen Metalle. Doch seine Herstellung ist für die Automobilindustrie noch zu aufwendig. Das Fraunhofer IPA sucht hier nach neuen Wegen. Seine Stärke: Es erforscht den gesamten Werdegang des Verbundwerkstoffs, von der Herstellung über die Bearbeitung, die Füge-technik und die Oberflächenbehandlung bis hin zum Recycling.**

## Leichtbau im Takt der Autoschmieden

Wer sich vor 40 Jahren einen VW Golf zulegte, bekam für sein Geld rund 750 Kilogramm Auto. Seitdem hat das Mittelklassefahrzeug Speck angesetzt, ebenso wie alle anderen Autos. Die siebte Generation Golf bringt heute mindestens 1200 Kilo auf die Waage, als Premiummodell sogar 1,5 Tonnen. Viele neue Einbauten und Annehmlichkeiten, vom Airbag bis zum Abgaskatalysator, haben das Gewicht nahezu verdoppelt. Doch jetzt soll es wieder abwärts gehen. Wegen der immer strengeren Abgasnormen und den volatilen Spritpreisen kämpfen die Autobauer um jedes Kilogramm – Leichtbau hat Konjunktur. Ein Ab-specken um 100 Kilogramm spart auf 100 Kilometern immerhin rund 0,4 Liter Kraftstoff und vermindert die Kohlendioxidemissionen um durchschnittlich 10 g/km. Die Einführung des Elektroautos gibt dem Trend zusätzlich Schwung, weil die Karosserie auch noch den zentnerschweren Akku tragen muss. Deshalb vollzieht sich in der Automobilindustrie derzeit ein grundlegender Wandel: Schwerer Stahl, der Klassiker schlechthin in der Autobranche, wird mehr und mehr von relativ leichten Materialien ergänzt, vor allem von faserverstärkten Kunststoffen. Ein moderner Wagen besteht bereits zu rund 15 Prozent aus Kunststoff.

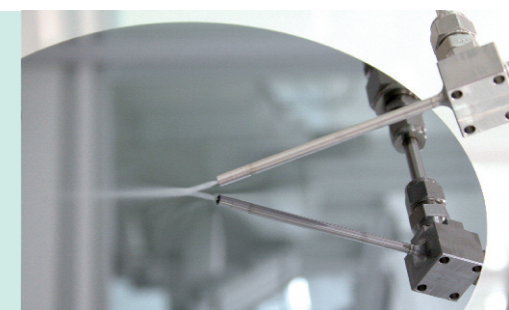
Andere Branchen sind schon einen Schritt weiter. Die Luftfahrtindustrie, die noch viel mehr auf geringes Gewicht achten muss, wagt sich besonders weit vor. Die neuen Flugzeuge Boeing 787 und Airbus A 350 bestehen zu mehr als der Hälfte ihres Gewichts aus kohlefaserverstärktem Kunststoff. Auch die Rotorblätter großer Windkraftanlagen, die eine Länge von bis zu 80 Metern haben, sind aus Carbon gefertigt. Ohne den leichten und robusten Werkstoff könnten sie die gewaltigen Kräfte, die an ihnen zeren, gar nicht aufnehmen. Allerdings ist die Herstellung von Flugzeugen oder Windkraftanlagen nicht mit der von Autos vergleichbar. Wegen der kleinen Stückzahlen und dem geringen Kostendruck müssen die Fabriken nicht auf höchste Effizienz getrimmt werden. Es herrscht noch immer eine Art Manufaktur-Betrieb. In der Automobilindustrie regiert dagegen der Industrieroboter mit nicht zu übertreffender Präzision. Alle zwei bis drei Minuten muss ein Auto vom Band rollen, und zwar in optimaler Qualität. Solche kurzen Taktzeiten sind nur bei einer weitgehenden Automatisierung möglich.

### Noch echte Handarbeit

Und hier steckt eines der größten Probleme: Faserverstärkte Kunststoffe erfordern noch immer viel Handarbeit und können deshalb die harten Anforderungen der Erstausrüster (Original Equipment Manufacturer, kurz OEM) noch gar nicht erfüllen. Ein großer OEM ist zwar vorgeprescht und verkauft seinen neuen Elektrowagen mit einer kompletten Carbon-Karosserie, ähnlich wie bei den Formel-1-Boliden. Mit diesem mutigen Schritt wurde jedoch ein hohes Risiko eingegangen. Es muss noch genauer erforscht werden, mit welchen Methoden der neuartige Werkstoff bearbeitet werden kann, wie Löcher eingebracht werden und Teile miteinander verbunden werden können. Auch das Aufbringen von Lacken muss noch genauer erforscht werden. »Das Fraunhofer IPA nimmt sich diesen Themen in verschiedenen Disziplinen an und leistet daher einen erheblichen Beitrag zur Weiterentwicklung«, sagt Dr.-Ing. Bernhard Budaker, der das Geschäftsfeld Automotive am Fraunhofer IPA leitet. Die Carbon-Karosserie-Bauteile des bereits erwähnten Elektroautos werden beispielsweise vor der Lackierung schon heute mit CO<sub>2</sub>-Düsen gereinigt, die beim Fraunhofer IPA im Bereich der Reinst- und Mikroproduktion entwickelt wurden.

### Reinigen mit CO<sub>2</sub>-Düsen

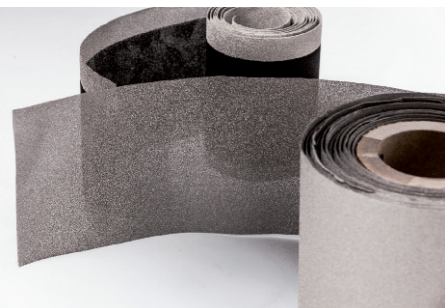
mehr auf Seite 15



### Es müssen nicht immer Kohlefasern sein

Obwohl es viele verschiedene faserverstärkte Kunststoffe gibt, denkt man zunächst unwillkürlich an Carbon. Denn dieses Hightech-Material, das in Flugzeugen, Windrädern oder Formel-1-Autos steckt, ist am leistungsfähigsten. Was Festigkeit und geringes Gewicht angeht, ist die Kohlefaser ungeschlagen.

Doch beim Auto ist die teure Lösung für viele Anwendungen gar nicht nötig. »Für die Massenproduktion sind die Fasern noch zu teuer«, meint Budaker. Dazu kommt, dass fast die gesamte Produktion von Kohlefasern von wenigen ostasiatischen Firmen stammt, sodass Unternehmen in eine unliebsame Abhängigkeit geraten. Das Fraunhofer IPA sucht deshalb nach Alternativen, die das Importprodukt ersetzen könnten. Es experimentiert etwa mit Basalt-, Aramid- oder Glasfasern. Auch Fasern aus nachwachsenden Rohstoffen, etwa aus Nanozellulose, werden erforscht.



### Leitfähige Kohlenstoffnanoröhren beheizen Elektroautos

mehr auf Seite 40

Trotz dieser Alternativen steht Carbon im Mittelpunkt. Dabei geht es etwa darum, dessen Duktilität zu erhöhen. Jeder, der ein modernes Rennrad fährt, kennt das Problem: Nach einem Sturz kann er dem Carbon-Rahmen nicht mehr trauen. Selbst wenn das teure Bauteil wie neu aussieht und keinerlei sichtbare Schäden aufweist, kann es bei der nächsten Ausfahrt auseinanderbrechen. Denn die einzelnen Schichten der Fasern könnten sich im Inneren voneinander gelöst haben, der Materialverbund, der die Festigkeit gewährleistet, könnte gestört sein. Die Stuttgarter Wissenschaftler forschen an Nanopartikeln, die dem Verbundsystem zugegeben werden, indem man sie entweder unter das Epoxidharz mischt oder die Fasern damit beschichtet. Dann zerbricht der Werkstoff bei großer Belastung nicht spontan wie Glas, sondern verformt sich zunächst wie Stahl oder Aluminium – und man kann die Gefahr mit bloßem Auge kommen sehen.

#### Robotersystem für schlaffe Bauteile

Nun geht es darum, den Herstellungsprozess von Carbon zu automatisieren, damit er sich für die Autoindustrie eignet. Hier steht die Forschung noch ganz am Anfang. Im Grunde müssen zwei Komponenten zusammengebracht werden: die Fasern und der Kunststoff. Einzelne Kohlenstofffasern sind bei einem Durchmesser von 5 bis 8 Mikrometer zehnmal dünner als ein menschliches Haar. Sie werden ähnlich wie Baumwoll- oder Seidenfasern zu Geweben oder Gelegen verarbeitet. Damit sie

leichter zu handhaben und weiterzuverarbeiten sind, werden sie zudem mit Harz getränkt, man spricht dann von »Prepregs«. Arbeiter legen diese von Hand in eine Form und härten das Bauteil im Ofen aus. Doch diese recht beschauliche Handarbeit, wie sie bei Tennisschlägern üblich ist, eignet sich nicht für die schnelle Autobranche – zu teuer, zu langsam, zu unsicher. Dort werden die Gewebe oder Gelege direkt in eine Presse gelegt, anschließend wird Harz eingefüllt und das Bauteil härtet aus. Die große Problematik liegt in der Automatisierung der Prozesse. Robotersysteme sollen die Gewebe automatisch in die Form einlegen. Das erfordert ganz neue Konzepte, denn die Carbon-Gelege sind schlaff wie ein Bademantel.

Nun geht es in den Ofen. Auch hier wartet auf die Forscher noch allerhand Arbeit, denn derzeit dauert das Aushärten zu lange. Die Autobranche fordert Taktzeiten von weit unter drei Minuten, besser zwei Minuten – rund eine Minute schneller, als

man es mit heutigen Methoden schafft. Schwesterinstitute arbeiten an der Entwicklung von thermoplastischen, kohlenstofffaserverstärkten Kunststoffen, welche eine schnellere Reaktionszeit aufweisen. Die Stuttgarter wollen den Ofen selbst verändern, damit er schneller heiß wird, und auch schneller wieder abkühlt. Sie laborieren an einer Beschichtung aus Kohlenstoff-Nanoröhrchen, die wie ein Lack aufgetragen wird und dank ihrer elektrischen Leitfähigkeit selbst als Heizung dient. Mit diesem Trick gelangt die Hitze unmittelbar zum Kunststoff, kein Bauteil wird unnötig aufgeheizt. Vielleicht geht es in Zukunft sogar noch schneller: vorstellbar sind Kohlefasern, die im Carbon stecken und selbst als Heizung dienen. Schließlich sind sie ebenfalls leitfähig.

#### Bearbeitung von Carbon erfordert ganz neue Werkzeuge

Kommt das Carbon-Bauteil schließlich aus der Form, lauern schon die nächsten Probleme. Jetzt geht es darum, Ränder nachzuarbeiten, Konturen zu fräsen, Bohrungen einzubringen. Eine ganze Abteilung am Fraunhofer IPA befasst sich mit der spannenden Bearbeitung von kohlenstofffaserverstärkten Kunststoffen und arbeitet dabei mit Unternehmen der Auto-, der Maschinenbau- und der Werkzeugindustrie zusammen. Den Wissenschaftlern macht ausgerechnet die hohe Qualität und Haltbarkeit von Carbon zu schaffen. Die führt nämlich dazu, dass die eingesetzten Werkzeuge sehr schnell verschlei-

ben. Darunter leidet die Präzision. Doch eine vollautomatisierte Fertigung ist darauf angewiesen, dass die zweite, hundertste und tausendste Bohrung noch genauso aussieht wie die erste. Und dass der Techniker genau weiß, wie viele Meter ein Fräser arbeiten kann, bevor er ausgewechselt werden muss. Für die Bearbeitung von faserverstärkten Kunststoffen sind deshalb nicht nur neue Werkzeuge nötig, an denen hier gearbeitet wird. Vor allem muss man Standards entwickeln, wie sie in der Metallverarbeitung gang und gäbe sind. Ein weiteres Problem kommt hinzu: Bei der Bearbeitung von Carbon-Teilen entsteht viel Staub, der sehr aggressiv ist und den Menschen und Maschinen schadet. Die Ingenieure entwickeln eine neue Form der Absaugung, die Abhilfe leistet. (S.S. 16 ff.)

Wenn das Bauteil schließlich fertiggestellt ist, folgt die Endkontrolle. Auch hier greifen die bewährten Instrumente, wie sie beim Blech üblich sind, nicht mehr. Die größte Gefahr droht von Delaminationen, also kleinen Hohlräumen, die den Verbund zwischen Faser und Kunststoff stören. Diese Schwachstellen, die wie Sollbruchstellen wirken, sind von außen nicht sichtbar. Das Fraunhofer IPA arbeitet daran, mehrere Verfahren marktfähig zu machen. Zur zerstörungsfreien Prüfung kommen Verfahren wie Computertomographie, Ultraschall oder Thermographie in Frage, die auch Fehlstellen im Inneren der Bauteile detektieren können. Um den Erfordernissen der Autobranche gerecht zu werden, müssen diese Verfahren nicht nur die kurzen Taktzeiten der Autobranche einhalten, sie müssen auch Fehlerfreiheit garantieren und möglichst geringe Kosten verursachen. (S.S. 28 f.)

Nun ist das Kunststoff-Bauteil fertig – eines von insgesamt 20 000 bis 30 000 Komponenten, die ein Auto ausmachen. Jetzt geht es darum, diese Einzelteile miteinander zu verbinden. Auch in diesem Arbeitsschritt stecken große Herausforderungen. Wie fügt man Kunststoff mit Metall zusammen, ohne Kontaktkorrosion zu riskieren? Wie verbindet man Kunststoff mit Kunststoff? Soll man nieten, schrauben, kleben oder reibschweißen? Das alles ist noch weitgehend offen und längst nicht so standardisiert wie das Zusammenfügen von Blechteilen. Auch mit diesen Methoden beschäftigt sich das Fraunhofer IPA. Es macht zum Beispiel das Rührreibschweißen, das bisher nur für Metalle angewandt wird, für den Kunststoff tauglich. Bei dieser Methode erzeugt ein rotierender Werkzeugkopf durch Reibung und Druck genug Hitze, um den Kunststoff verformbar zu machen,

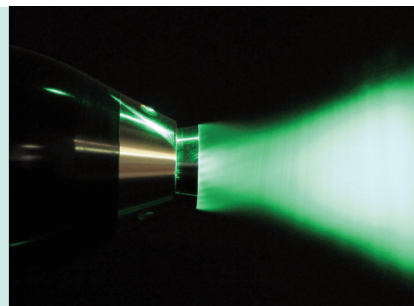
gleichzeitig rührt er den Kunststoffbrei der beiden Bauteile zusammen. So entsteht eine breite, gleichmäßige Schweißnaht. Der Vorteil: Mit dem Verrühren gelangen Fasern in die Naht und verstärken sie. Das ist beim Kleben nicht der Fall. (S.S. 31)

#### Oberflächenbehandlung als Schlüsselkompetenz

In unserem virtuellen Produktionsszenario ist das Auto nun weitgehend zusammengebaut. Nun muss es noch lackiert werden. Dabei geht es nicht nur um die Farbe, um Glanz und einen edlen Eindruck. Der Lack soll auch technische Aufgaben erfüllen wie vor Korrosion schützen, gegen aggressive Sonnenstrahlung immun sein, Wassertropfen abperlen lassen, leicht zu säubern sein und so weiter. Für das übliche Stahlblech haben Techniker viele optimale Lösungen gefunden – nicht aber für verstärkte Kunststoffe, die eine ganz andere Oberflächenstruktur und Chemie besitzen. Eine große Abteilung beschäftigt

### Eine Kunststofflackierung erfordert umfangreiche Voruntersuchungen

mehr auf Seite 32



sich ausschließlich mit Beschichtungssystemen und Lackiertechnik. »Die Oberflächenbehandlung von Leichtbaumaterialien ist eine unserer Schlüsselkompetenzen«, betont Budaker. Seine Kollegen haben bereits gezeigt, wie es gehen kann, etwa bei der Entwicklung von Lackierprozessen für hochwertige Kunststoffteile für Heckklappen mit der Firma SMP.

Das Auto der Zukunft wird sicher nicht komplett aus Carbon bestehen, sondern aus einem Materialmix von Metallen und verschiedenen faserverstärkten Kunststoffen. Doch fest steht: Kunststoff wird zukünftig eine noch größere Rolle spielen als heute. *Klaus Jacob/jdw* ■

#### Kontakt

Dr.-Ing. Bernhard Budaker  
Geschäftsfeldleiter Automotive  
Telefon +49 711 970-3653  
bernhard.budaker@ipa.fraunhofer.de

# Internationale Sauberkeitsstandards für die Automobilindustrie

Schon im Jahr 2001 haben sich die Reinheitstechnologen des Fraunhofer IPA dem Thema »Technische Sauberkeit in der Automobilindustrie« angenommen. Die Wissenschaftler setzten die erste Version der VDA 19 auf, welche bis Anfang 2015 gültig war. »Bis hierhin stimmten die Inhalte von VDA 19 und dem internationalen Pendant ISO 16232 noch überein«, erklärt Dr. Markus Rochowicz, Gruppenleiter Reinheitstechnik beim Fraunhofer IPA. In den Jahren von 2012 bis 2014 wurde die deutsche Norm allerdings grundlegend überarbeitet. Seit dem Neuerscheinen Anfang 2015 fällt es den Herstellern schwer, die technische Sauberkeit ihrer Bauteile international vergleichbar zu prüfen. »Immer mehr Automobilbauer und -zulieferer fordern eine einheitliche Richtlinie«, weiß der Experte.

## Starker Verbund mit Erfahrung in der Messtechnik

Dieser Aufgabe nehmen sich nun die Experten für Reinheitstechnik vom Fraunhofer IPA an. Gemeinsam mit Unternehmen aus der Automobilindustrie und der Messtechnik wollen die Wissenschaftler die ISO 16232 an die deutsche Norm VDA 19.1 anpassen. »Mit dabei sind u. a. Daimler, Mahle, Bosch, VW und Zeiss«, informiert Rochowicz. Der Gruppenleiter ist froh darüber, einen starken Verbund hinter sich zu haben. »Wenn erfolgreiche Firmen aus Deutschland mit jahrelanger Erfahrung die Standards fordern, setzt sich die Richtlinie auch international schnell durch«, ist Rochowicz überzeugt. Auch fahrzeugbauende Staaten aus der ganzen Welt interessieren sich für die Norm: »Unternehmen aus Japan, den USA, Frankreich und Schweden haben ebenfalls schon Interesse bekundet, an der Norm mitzuarbeiten«, freut sich Rochowicz.

## Weniger Parameter und festgelegte Verfahren

Mit der neuen Richtlinie wollen die Stuttgarter Experten für international vergleichbare Messergebnisse sorgen. »Das Problem bei der technischen Sauberkeit ist, dass sie mit mehreren Verfahren im Labor ermittelt werden muss«, schildert Rochowicz. So werde der Restschmutz aus Bauteilen extrahiert, filtriert



Extraktion der Partikel von einem Bauteil nach VDA Band 19.1.

und anschließend mikroskopisch ausgezählt. »Bislang sind weder eindeutige Richtlinien für das Verfahren festgehalten, noch gibt es fixe Werte für Parameter«, meint Rochowicz. Die Folge sind Messergebnisse mit Abweichungen um bis zu Faktor vier – »eine Katastrophe für Qualitätsprüfer«, weiß Rochowicz. Eine neue ISO 16232 soll endlich Klarheit bringen: »Wir wollen wie in VDA 19.1 die Parametervielfalt stark eingrenzen. Außerdem legen wir fest, wie die Messung vorstatten gehen muss. Die überarbeitete Norm soll dem Prüfer z. B. vorgeben, welche Extraktion er macht, welchen Filter er benutzt und wie er sein Mikroskop einstellen muss«, erklärt der Gruppenleiter. Das Kick-off-Treffen des Verbunds fand am 30. September am Fraunhofer IPA in Stuttgart statt. Geplant sind vier Treffen pro Jahr mit internationaler Beteiligung. Nach zwölf Monaten will das Team ein abstimmungsfähiges Basisdokument für eine neue ISO 16232 veröffentlichen. ■

## Kontakt

Dr.-Ing. Markus Rochowicz  
Telefon +49 711 970-1175  
markus.rochowicz@ipa.fraunhofer.de

## Reinigungslösungen auf Basis von CO<sub>2</sub>

Wie sich in den letzten Jahren in vielfältigen Anwendungen in der Industrie gezeigt hat, hält die Nutzung von Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) als Reinigungsmedium sehr interessante Potenziale bereit und erlaubt Reinigungslösungen, die früher in dieser Form nicht möglich waren. Insbesondere die Reinigung mit CO<sub>2</sub>-Schneestrahlen bietet durch die effiziente, lokale und trockene Reinigung zahlreiche Möglichkeiten für eine Integration in automatisierte, serielle Fertigungsprozesse, die mit Flüssigreinigungsverfahren nicht denkbar wären.

## Kontakt

Ralf Grimme  
Telefon +49 711 970-1180  
ralf.grimme@ipa.fraunhofer.de





»Uns fällt Leichtbau  
nicht schwer«

Dr.-Ing. Marco Schneider  
Leiter der Abteilung Leichtbautechnologien



Hürde für die Großserie:

# Endbearbeitung von Faserverbundwerkstoffen

**Immer kürzere Zykluszeiten, eine fast unerschöpfliche Materialvielfalt und der ständige Kostendruck in der Produktion stellen für die spanende Endbearbeitung von Faserverbundbauteilen eine große Herausforderung dar. Für ihre wirtschaftliche und sichere Zerspanung schlagen Forscher der Abteilung Leichtbautechnologien zwei Verfahren vor: Mit einem speziell für diese Werkstoffe hergestellten Kühlschmierstoff lassen sich die Vorteile der Nassbearbeitung weiter steigern. Durch Kreissägeprozesse erhöhen sie die Schnitt- und Vorschubgeschwindigkeiten und steigern damit die Ausbringung auch bei komplexen 3D-Bauteilen.**

Trotz des Ziels einer sogenannten endkonturnahen Fertigung müssen fast alle Bauteile aus faserverstärkten Kunststoffen (FVK) endbearbeitet werden: Harzreste sind zu entfernen, Fügestellen für die Verbindung von Werkstücken vorzubereiten und Stränge bei kontinuierlichen Herstellverfahren wie dem Strangziehen oder -pressen (Pultrusion bzw. Extrusion) abzulängen. Dabei können sich die Schichten in den Werkstoffverbunden lösen (Delamination) oder die Schnittkanten ausfransen. Außerdem erschweren die geringe Temperaturbeständigkeit der FVK-Matrix und der starke Werkzeugverschleiß die Zerspanung.

## Großserien und neue Herstellverfahren fordern kürzere Zykluszeiten

Vor Jahren spielte die Bearbeitungsdauer für die Zerspanung aufgrund der hohen Zykluszeiten der urformenden Verfahren wie Gießen oder Sintern und den überwiegend in Kleinserie gefertigten Bauteilen eine eher untergeordnete Rolle. Mit den Weiterentwicklungen der Herstellverfahren und Großserienanwendungen wie beim BMW i3 und BMW i8 stieg auch der Zeitdruck. »Wo bis vor wenigen Jahren Vorschubgeschwindigkeiten von unter 2 m/min beim Fräsen vollkommen zufriedenstellend waren, werden heute Vorschubgeschwindigkeiten von über 10 m/min gefordert«, informiert Marco Schneider,

Leiter der Abteilung Leichtbautechnologien am Fraunhofer IPA. Dadurch sollen Maschinenbelegzeiten gesenkt und die Fertigung wirtschaftlicher werden.

Die Gründe liegen einmal in der Bearbeitung größerer Stückzahlen, aber auch in den Weiterentwicklungen der Harzsysteme, die eine Senkung der Aushärtezeiten zur Folge haben. »Für die anschließenden Arbeitsschritte wie die spanende Endbearbeitung entsteht dadurch ein erheblicher Druck, kürzere Prozesszeiten umzusetzen und völlig auf manuelle Nachbearbeitungsschritte zu verzichten«, resümiert Schneider.

## Materialvielfalt erschwert Zerspanung

Die spanende Bearbeitung von Faserverbundwerkstoffen wird durch eine Vielzahl an Prozess-, Herstellungs-, Werkzeug- und Materialparameter beeinflusst. Dabei hat z. B. der Faseraufbau einen starken Einfluss auf die Standzeit der Werkzeuge bei der Bohrbearbeitung.

Carbonfaserverstärkte Bauteile bestehen häufig im Inneren aus mehreren unidirektional (UD) orientierten Faser-Kunststoff-Verbunden und einer zusätzlichen Gewebe-Decklage auf der Außenseite. Reine UD-Verstärkung oder zusätzliche Gewebe-Decklage unterscheiden sich zwar nicht im Verschleißverhalten der Werkzeuge, UD-Lagen sind jedoch anfälliger für Bearbeitungsfehler.

Neben dem Faseraufbau und der Faserlänge ist auch der Matrixwerkstoff ein wesentlicher Faktor für die Qualität des Ergebnisses. In den letzten Jahren drängen endlosfaserverstärkte Thermoplaste in Form unterschiedlicher Halbzeuge auf den Markt. Bei der Bohrbearbeitung zeigen diese thermoplastischen Halbzeuge eine von C-Faser-/Epoxidharzsystemen abweichende Delamination.

# Den CFK-Partikeln auf der Spur

## Absaugsystem ADExSys erfasst Emissionen nahezu vollständig

Kritisch reagieren Faserverbundbauteile mit thermoplastischen Matrixsystemen auf thermische Einwirkungen. Schrumpfen diese oder dehnen sie sich, verlieren sie ihre Maßhaltigkeit. Dann liegt die Größe der Bauteile nicht mehr innerhalb der zulässigen Toleranz. Dadurch werden die mögliche Schnittgeschwindigkeit und somit die Produktivität begrenzt.

### Schmierstoffe mindern Werkzeugverschleiß und Gesundheitsgefährdung

Vielversprechend wirken gegen einen starken Werkzeugverschleiß und eine thermische Schädigung der Matrix geeignete Kühlschmierstoffe (KSS). Ihre Verwendung, z. B. in Form einer Überflutungskühlung, vermindert stark ein Erweichen der Kunststoffmatrix. Damit steigt die Bearbeitungsqualität.

Untersuchungen zum Bohren von Glasfaser-Epoxid-Verbundwerkstoffen zeigten, dass durch den Einsatz von KSS der Werkzeugverschleiß um ca. 66 Prozent im Vergleich zur trockenen Bearbeitung verringert wird. Das ist umso bemerkenswerter, da heute verfügbare CFK-Werkzeuge in der Regel auf die Trockenerspannung ausgelegt sind. Mit optimierten Nasswerkzeugen wird in Zukunft eine deutlich höhere Werkzeugstandzeit realisierbar sein. Außerdem zeigen sich Qualitätsunterschiede: Bei der Trockenbearbeitung stehen vermehrt und stark separiert lange Fasern über, beim Nassfräsen sind die Faserüberstände bei gleichen Schnittparametern deutlich kürzer.

Wenn es um die Gesundheit der Maschinenbediener geht, ist der Einsatz von Kühlschmierstoff unbestritten von Vorteil. Beim Fräsen von CFK mit duroplastischer Matrix entstehen sehr feine Stäube, die allein aufgrund ihrer geringen Partikelgröße (< 5 µm) gesundheitsgefährdend sind. Der Kühlschmierstoff bindet diese Stäube während der Bearbeitung und verringert die Emission deutlich.

### Hohe Schnittqualität und Standzeiten durch Kreissägen

Das Bearbeitungsverfahren Kreissägen ist Teil nahezu jeder Produktionskette. Es ermöglicht deutlich höhere Vorschubgeschwindigkeiten als Fräs- oder Wasserstrahlverfahren. Bisher wird Kreissägen in der Endbearbeitung von FVK jedoch wenig eingesetzt. Insbesondere bei überwiegend rechtwinkligen Bauteilen oder sehr großen Radien stellen Trennverfahren durch Kreissägen jedoch eine Alternative dar. Angepasste Zahnformen wie auch die Verwendung von polykristallinen Diamanten (PKD) als Schneidstoff führen zu einer sehr guten Schnittqualität und zu langen Standzeiten bei sehr hohen Vorschubgeschwindigkeiten. Gerade bei empfindlichen Decklagen ist die Qualität des Sägeschnitts stark von der Zahngeometrie und vom Austrittswinkel des Werkzeugs bzw. jedes einzelnen Sägezahns abhängig.

Kreissägen werden bei Faserverbundwerkstoffen hauptsächlich zum Trennen von Rohren und Profilen aus kontinuierlichen Fertigungsverfahren wie der Pultrusion und der Extrusion verwendet. »Entscheidend für ihren Einsatz ist die Beantwortung der Frage, wie sich diese dünnen und häufig empfindlichen Profile Prozesssicher trennen lassen und wie auf eine Nachbearbeitung verzichtet werden kann«, fasst Marco Schneider zusammen. Die Herausforderungen für die eingesetzten Werkzeuge liegen vor allem in der großen Anzahl an Schnitten aufgrund der hohen Stückzahlen, wie auch an der geometrischen Vielfalt und im Faseraufbau der Profile. ■

### Kontakt

Robert Beckenlechner  
Telefon +49 711 970-1567  
robert.beckenlechner@ipa.fraunhofer.de

Tim Mayer  
Telefon +49 711 970-1549  
tim.mayer@ipa.fraunhofer.de

Viele Handwerker kennen das Problem: Sobald sie einem Werkstück mit einer Säge zu Leibe rücken, wehen ihnen jede Menge Späne und Stäube um die Nase. Im heimischen Keller reicht es meist aus, wenn man den Abfall nach getaner Arbeit zusammenkehrt. Bei der industriellen Bearbeitung können die Emissionen allerdings gravierende Schäden verursachen. Insbesondere dann, wenn es sich um kohlen- oder carbonfaserverstärkten Kunststoff (CFK) handelt.

Andreas Gebhardt, Gruppenleiter Leichtbautechnologien, befasst sich schon seit mehreren Jahren mit der spanenden Bearbeitung von Leichtbaustoffen. Er weiß über die Risiken des CFK-Spanguts Bescheid: »Die World Health Organization (WHO) hat z. B. bestätigt, dass sich die Staubpartikel negativ auf das Lungengewebe des Maschinenbedieners auswirken«, informiert Gebhardt. Auch die Produktion leide unter den Emissionen. »Da die Stäube aus Kohlenstofffasern leitfähig sind, können sie elektrische Baugruppen beschädigen. Außerdem sind die Partikel so hart, dass Führungen und Lager schneller verschleifen«, bemängelt der Wissenschaftler. Die Emissionsrate hänge in erster Linie vom Bearbeitungsverfahren ab. Besonders hoch sei sie beim Fräsen, Sägen oder Schleifen.

Um die Mitarbeiter zu schützen und die Prozesssicherheit zu gewährleisten, setzen Unternehmen verschiedene Absaugsysteme ein. Ziel ist es, die lästigen Partikel vollständig zu erfassen. Besonders weit verbreitet sind sogenannte Raumabsaugungsanlagen, die ähnlich wie eine Dunstabzugshaube den gesamten Arbeitsraum entlüften. Allerdings verbraucht die Technologie viel Energie und erfasst die Emissionen nicht vollständig. Da die Bedeutung der Ressourcen- und Energieeffizienz für Unternehmen steigt und die Gesundheitsvorschriften strenger werden, sieht die Industrie dringenden Handlungsbedarf. »Eine Umfrage bei unserer jährlichen Tagung zur CFK-Bearbeitung ergab, dass 51 Prozent der Teilnehmer innovative Lösungen in diesem Bereich als sehr wichtig ansehen«, erklärt Gebhardt.

Mit dem adaptiven Absaugsystem ADExSys sind die IPA-Wissenschaftler den Forderungen der Industrie nachgekommen. Die Innovation detektiert den Spänenstrahl mit Sensoren und positioniert anschließend den Absaugkopf direkt an der emittierenden Stelle. Da die Partikel nicht länger unter hohem Energieaufwand zu einer Absaugöffnung gelenkt werden, reduziert sich der Verbrauch um den Faktor zehn. Darüber hinaus werden die Partikel nahezu vollständig erfasst, sodass auch die Prozesssicherheit der nachfolgenden Arbeitsschritte erhöht wird.

Ende September haben die IPA-Wissenschaftler auf der Composite Europe in Stuttgart einen Prototyp vorgestellt. Zum Jahresende wollen sie die Technologie in einem Forschungsprojekt weiter ausbauen. Derzeit suchen sie nach Unternehmen, die das Verfahren industriell einsetzen wollen. ■



### Kontakt

Andreas Gebhardt  
Telefon +49 711 970-1538  
andreas.gebhardt@ipa.fraunhofer.de

Faserverbundwerkstoffe werden auf Grund ihrer positiven Materialeigenschaften seit einigen Jahren immer häufiger in verschiedensten Anwendungsbereichen eingesetzt. Wie der Name schon sagt, verbindet der Mischwerkstoff zwei Hauptkomponenten: In ein Material, das als Matrix fungiert, wird ein anderes in Form von Fasern eingebettet. Die verschiedenen Materialien treten gegenseitig in Wechselwirkung, sodass der entstandene Verbundwerkstoff eine höhere Qualität als seine einzelnen Komponenten erhält.

Was zeichnet diese Werkstoffe nun aus und wo werden sie eingesetzt? Mit  $0,94 \text{ g/cm}^3$  liegt ihre Materialdichte unter der von Wasser. Dabei sind sie extrem robust. Spezifisch ist auch die hohe Verformbarkeit, die spezielle Anwendungsbereiche ermöglicht. So wird der Verbundwerkstoff beispielsweise für Verkleidungsteile am Automobil, im Sportartikelbereich bei Schlittschuhen oder für Reisekoffer eingesetzt.

## Fräswerkzeuge für eigenverstärkte Kunststoffe

*Mischform zwischen Gratbildung und Ausfransung bei der Fräsbearbeitung.*

Wie steht es aber um den Einsatz eines Verbundwerkstoffs, wenn Faser und Matrix aus ein und demselben Material bestehen? Was sich im ersten Moment sonderbar anhört, macht auf den zweiten Blick durchaus Sinn.

### Robuste Werkstoffe mit hoher Materialdichte

Ein Beispiel für einen dieser Verbundwerkstoffe ist das Material Curv der Firma Propex Global. Dort sind sowohl Faser als auch Matrix aus Polypropylen (PP). Sie unterscheiden sich aber in ihrem Kristallisationsgrad, also darin, wie geordnet die einzelnen Molekülketten des Kunststoffes zueinander ausgerichtet sind. »Durch eine gezielte Verstreckung der Fasern kommt es zu einer starken Orientierung der Molekülketten. Dies hat zur Folge, dass die Bindungskräfte zwischen den einzelnen Ketten maximiert werden und so das Fasermaterial deutlich höhere mechanische Eigenschaften gegenüber dem Ausgangswerkstoff besitzt«, erläutert Tim Mayer vom Fraunhofer IPA.

### Spezifische Bearbeitungsprobleme bedürfen spezieller Werkzeuge

Seine spezifischen Eigenschaften stellen jedoch hohe Anforderungen an die Zerspanung. Neben der extrem zähen Faser gehört auch die geringe Schmelztemperatur des Werkstoffs zu den Herausforderungen beim Trennen. Und im Gegensatz zu anderen Faserverbundwerkstoffen sind bei eigenverstärkten Kunststoffen sowohl die Matrix als auch die Fasern nur gering thermisch belastbar.

Die bei der Bearbeitung auftretenden Materialfehler sind mit anderen Faserverbundwerkstoffen, auch mit thermoplastischen Kunststoffen vergleichbar. »Durch das Erweichen von Matrix und Fasern kann jedoch nur bedingt bestimmt werden, ob es sich um eine Ausfransung, also überstehende Fasern, oder um eine Gratbildung der Matrix handelt«, erklärt der IPA-Wissenschaftler das Problem. Diese Unsicherheit trete nur bei diesen Werkstoffsystemen auf. Außerdem können sich Schichten in

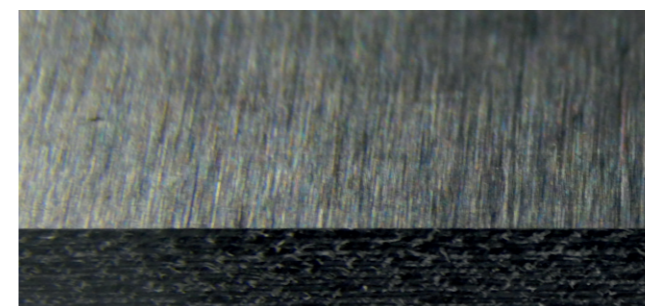


*Neue Werkzeuggeneration für die Zerspanung von eigenverstärkten Kunststoffen.*

den Werkstoffverbunden wie bei carbonfaserverstärktem Kunststoff (CFK) lösen, es kann zu einer Delamination kommen. Um diese Qualitätsfehler zu verhindern, bedarf es spezieller Werkzeuge.

### Fräswerkzeuge für eine grat- und ausfransungsfreie Bearbeitung

Dieser Herausforderung haben sich die C6 Composite Tooling GmbH und das Fraunhofer IPA angenommen. Die im Rahmen ihrer Zusammenarbeit entwickelten Fräswerkzeuge zur Bearbeitung von CURV erlauben eine grat- bzw. ausfransungsfreie Bearbeitung des Materials. Im Gegensatz zu anderen Faserverbundwerkstoffen mit Verstärkungen aus Kohlenstoff- oder Glasfasern sind bei diesem Werkstoff die Standzeiten von Hartmetallschneidstoffen völlig ausreichend. Der geringe Werkzeugverschleiß und die sehr geringen Zerspankräfte ermöglichten es, bei der Auslegung der Werkzeuggeometrie alle Gestaltungsfreiheiten zu nutzen. Bei der Auslegung der Werkzeuge setzten sich die Wissenschaftler das Ziel, auf Kühlschmierstoffe zu verzichten. Denn entscheidend für die Bearbeitungsqualität war vor allem der geringe Einfluss des Schmierstoffs auf diese – neben den grundsätzlichen Nachteilen wie Verunreinigung und Kosten. Außerdem zeigte sich, dass weniger die thermische Belastung des Materials eine Problem darstellt, als vielmehr das oft unzureichende Trennverhalten der Werkzeugschneide.



*Ergebnisse mit der angepassten Werkzeuggeometrie.*

### Hohe Schnittqualität ohne Kühlschmierstoffe

Die neue Werkzeuggeneration ermöglicht eine hohe Schnittqualität bei völligem Verzicht auf Kühlschmierstoffe und bietet so eine auch wirtschaftlich interessante Alternative zum heute häufig eingesetzten Wasserstrahlschneiden. Im nächsten Schritt werden die aus diesen relativ neuen Werkstoffen gewonnenen Erkenntnisse auf Sandwich-Strukturen mit Decklagen übertragen. ■

### Kontakt

Tim Mayer

Telefon +49 711 970-1549 | [tim.mayer@ipa.fraunhofer.de](mailto:tim.mayer@ipa.fraunhofer.de)

Die C6 Composite Tooling GmbH bietet Schaftfräser und Bohrwerkzeuge, vor allem zur Bearbeitung von GFK, CFK, Graphit, HPL und anderen faserverstärkten Kunststoffen auf CNC-Fräsmaschinen. Dabei stehen insbesondere Speziallösungen im Fokus. »Die rasante Weiterentwicklung im Bereich der Werkstoffe führt zu immer neuen Herausforderungen für die Hersteller von Zerspanungswerkzeugen. Unsere Kunden müssen wirtschaftlich produzieren, dazu benötigen sie auch wirtschaftliche Werkzeuglösungen«, so Sebastian Herkert, Geschäftsführer von C6 Composite Tooling.

Das Fraunhofer IPA befasst sich als angewandte Forschungseinrichtung mit der Bearbeitung von Leichtbauwerkstoffen und der Umsetzung neuer Technologien, um diese wirtschaftlicher und effizienter zu gestalten. Neben der Werkzeugentwicklung stehen die Absaugungstechnik, tribologische Schichtsysteme sowie Kühl- und Schmierstoffkonzepte im Vordergrund.

# Schulterschluss der deutschen Säge-Industrie

Das Sägen, eine der ältesten Techniken, wird in der modernen Forschungslandschaft stiefmütterlich behandelt. Während die Themen Bohren, Fräsen, Drehen und Schleifen en vogue sind, beschäftigen sich in Deutschland nur wenige Institute intensiv mit dem Trennverfahren. Dabei erfordern aktuelle Entwicklungen, etwa neue Verbundwerkstoffe wie Carbon oder die Vernetzung der Maschinen im Rahmen von Industrie 4.0, mehr denn je innovative Lösungen. Zu den wenigen aktiven Forschungseinrichtungen auf diesem Gebiet zählt das Fraunhofer IPA und das Institut für Werkzeugmaschinen der Universität Stuttgart (IfW). Ihre jahrzehntelangen Erfahrungen nutzen beide Institute nun für einen Schulterschluss mit der deutschen Industrie. Zusammen haben sie das »Stuttgarter Kompetenzzentrum Sägen« ins Leben gerufen. Diese Plattform soll die Branche vernetzen und die Forschung rund um das Sägen ankurbeln. In den Projekten sitzen jeweils Wettbewerber aus der Industrie mit am Tisch und erarbeiten gemeinsam mit dem Kompetenzzentrum die Grundlagen für eigene firmenspezifische Entwicklungen.

## Erste Projekte vereinbart

Eine Zusammenarbeit ist umso wichtiger, als in Deutschland ausschließlich kleine und mittelständische Unternehmen in diesem Sektor als Maschinen- und Werkzeughersteller tätig sind. Keines dieser Unternehmen, meint Armin Stolzer, der Geschäftsführer des Maschinenherstellers KASTO, sei in der Lage, alleine die erforderlichen Mittel aufzubringen, um die technologischen Herausforderungen zu stemmen: »Was wir mit dem Netzwerk auf den Weg bringen, ist wirklich mal ein Schritt vorwärts.« Mehr als zwei Dutzend Firmen beteiligen sich am Arbeitskreis, der sich künftig regelmäßig treffen wird. »Wir haben es geschafft, nahezu die gesamte deutsche Sägeindustrie an einen Tisch zu bekommen«, freut sich Dr. Marco Schneider, Leiter der Abteilung Leichtbautechnologien am Fraunhofer IPA. Schon beim zweiten Treffen Ende Juni haben die Mitglieder Nägel mit Köpfen gemacht und gemeinsame Projekte von über 100 000 Euro zu den Themen Benchmarking von Sägewerkzeugen, Zahnraumreinigung, automatisierten Richtverfahren und Industrie 4.0 vereinbart.

## Effizienz soll gesteigert werden

Der Forschungsbedarf ist groß und umfasst im Grunde sämtliche Facetten des Sägens, wie eine erste Bestandsaufnahme bei den Unternehmen gezeigt hat. Es geht nicht nur um Industrie 4.0 und schlauere Maschinen, die das Sägeblatt erkennen, eigenständig Daten sammeln und vorausdenken. Es geht vor allem um mehr Effizienz. Hochgeschwindigkeit ist dabei ein Stichwort, das oft fällt. Manche Experten erwarten davon einen Quantensprung, der zum Beispiel die Produktivität eines Sägewerks verdoppeln könnte. Auch dünnere Sägeblätter, die den Abfall verringern, spielen eine wichtige Rolle. Nach einer Faustformel erspart schon eine Reduktion von einigen zehnteln Millimetern einem Sägewerk mittlerer Größe Kosten von

»Hier ist Pionierarbeit nötig«

rund einer Million Euro pro Jahr. Nicht zuletzt sollen auch die Sägezähne länger scharf bleiben, sodass sie seltener gewechselt werden müssen. Ein sparsamerer Umgang mit Energie sowie eine effizientere Entsorgung der Abfälle könnte schließlich die Wirtschaftlichkeit verbessern.

## Sägen neuer Werkstoffe

Schneller, länger, dünner, schlauer – das Stuttgarter Kompetenzzentrum Sägen ist gut gerüstet, um all diese Aufgaben anzupacken. Davon zeugt nicht nur der große Maschinenpark in der Werkhalle. Die Stuttgarter haben sich bereits bei vielen Themen einen Namen gemacht. So sind sie europaweit die einzige Forschungseinrichtung, die sich mit dem Sägen neuer Werkstoffe, vor allem Faserverbundwerkstoffe, befasst. »Hier ist Pionierarbeit nötig«, sagt Schneider. Vielversprechend verlaufen auch Tests mit der hybriden Bearbeitung. Dabei vermindern Ultraschallschwingungen die Reibung des Sägeblatts. Nicht zuletzt tüfteln die Wissenschaftler daran, die Zähne auf das Sägeblatt zu kleben, anstatt – wie bisher – zu löten. »Das wäre ein Meilenstein, wie es ihn seit 30 Jahren nicht gab«, meint Schneider. Das Renommee, das sich die Institute mit ihren Arbeiten erworben haben, kommt ihnen nun beim Arbeitskreis zugute.



## Klartext aus der Säge-Industrie

V.l.n.r.: Sönke Krebber, Armin Stolzer, Michael Kohnle, Thomas Berg und Marco Schneider während des Arbeitskreises im Juni 2015.

### Thomas Berg

**Geschäftsführer RSA cutting systems GmbH, Maschinenhersteller**

*Herr Berg, können Sie Ihr Unternehmen kurz charakterisieren?*

**Berg:** Bei uns geht es nicht nur um das Sägen, wir haben viele weitere Bearbeitungsschritte in unsere Maschinen integriert. Bei uns wird auch entgratet, gefast, gemessen, gewaschen, getrocknet, sodass letztlich ein fertig bearbeitetes Werkstück herauskommt.

*Haben reine Sägemaschinenhersteller bald ausgedient?*

**Berg:** Nein. Ich glaube, Sägehersteller werden sich splitten. Es wird Unternehmen geben, die Geräte von der Stange für den kleinen Handwerker herstellen. Ob die Deutschen in diesem Segment in zehn Jahren noch aktiv sein werden, bezweifle ich. Die Asiaten sind für die Herstellung von Billigmaschinen besser aufgestellt. Unsere Zukunft ist die auf Kundenbedürfnisse angepasste Maschine. Sie muss möglichst viele Bearbeitungsschritte integrieren, sodass der Roboter schließlich ein fast fertiges Produkt in die Kisten packt. Solche Lösungen, die viel Ingenieurwissen erfordern, sind unsere Chance. Dafür ist der Kunde noch bereit, Geld zu bezahlen.

*Sind deutsche Unternehmen als Mittelständler nicht zu klein für den Weltmarkt?*

**Berg:** Das glaube ich nicht. Es wird sicher die eine oder andere Bereinigung geben, aber im Prinzip hat jeder das Potenzial.

Denn jeder ist anders aufgestellt und hat andere Schwerpunkte.

*Wo gibt es noch Defizite?*

**Berg:** Ich kann mir noch eine wesentlich komplexere Bearbeitung vorstellen. Dazu gehören etwa Drehprozesse, Innenbearbeitung, Bohr- und Umformprozesse. Der Kunde kann seine Maschine dann, dank des modularen Aufbaus, beliebig erweitern.

*Spielt Industrie 4.0 dabei eine Rolle?*

**Berg:** Industrie 4.0 ist für uns eines der wichtigsten Projekte. Vor allem muss die Maschine viel stärker mit dem Bediener kommunizieren. In Zukunft werden immer weniger Arbeiter mit immer geringerer Qualifikation vor immer mehr Maschinen stehen. Das bedeutet: Die Maschine muss interagieren können. Sie muss schon im Voraus sagen, wann ein Eingriff nötig ist, etwa der Austausch eines Sägeblatts. Und sie muss eine einfache Benutzeroberfläche haben, ähnlich wie bei einem iPhone.

*Geht es irgendwann ganz ohne Bediener?*

**Berg:** Natürlich möchte man mannlos arbeiten. Ich spreche aber lieber von mannarm, denn man wird auf einen Bediener nicht verzichten können. Es muss jemanden geben, der die Prozesse beobachtet.

### Michael Kohnle

**Geschäftsführer Kohnle GmbH, Werkzeughersteller**

*Wie wird Industrie 4.0 die Sägebranche verändern?*

**Kohnle:** Sehr stark. Industrie 4.0 wird für eine Verknüpfung von Maschine und Werkzeug sorgen. Das wird natürlich den gesamten Markt verändern.

*Wie schnell kommt der Wandel?*

**Kohnle:** Konzepte, Techniken, Hardware sind schon da. Der Maschinenbau muss jetzt nachziehen und anfangen zu implementieren. Ich rechne damit, dass sich das in den nächsten drei Jahren durchsetzen wird.

*Sind die Deutschen bei diesem Thema zu zögerlich?*

**Kohnle:** Die deutsche Branche schaut oft erst mal zu und studiert, was es alles auf dem Markt gibt. Erst wenn die ersten Umsetzungen da sind, reagiert sie. Dann muss es allerdings schnell gehen.

*Haben Sie ein Beispiel?*

**Kohnle:** Wir haben kürzlich auf einer Messe ein neues Konzept gezeigt. Die Amerikaner haben sofort das Potenzial gesehen. Sie haben zusätzlich eigene Ideen eingebracht und sofort gekauft. Die Deutschen zögern dagegen noch.

*Worum ging es konkret?*

**Kohnle:** Wir haben mit iBlade ein Unternehmen gegründet, das sich speziell um den Werkzeugzyklus kümmert. Mit der RFID-Technik können wir die komplette Lebenshistorie eines Werkzeugs nachverfolgen: Wie oft war es im Einsatz? Wann war es in Reparatur? Und so weiter. Auch die Daten der Maschine können wir aufnehmen, falls gewünscht. Aber bisher nur manuell, das heißt über Terminal-Lösungen, weil der Maschinenbau die Schnittstellen noch nicht integriert hat. Die Amerikaner haben sofort das Potenzial erkannt. Mit ihnen sind wir jetzt schon in tieferen Projekten als mit dem deutschen Maschinenbau.

### Armin Stolzer und Sönke Krebber

**Geschäftsführer KASTO Maschinenbau GmbH**

*Müssen deutsche Unternehmen kooperieren, um gegen den Markt aus Fernost bestehen zu können?*

**Stolzer:** Ich halte Kooperation im mittelständischen Bereich für absolut notwendig, um gegen die teilweise großen japanischen und taiwanesischen Hersteller bestehen zu können. Kein Unternehmen ist alleine in der Lage, gegen asiatische Konkurrenten etwas auszurichten.

*Gibt es bereits solche Kooperationen?*

**Stolzer:** Wir haben einige Partner, mit denen wir mehr oder weniger intensiv zusammenarbeiten. Und was wir mit dem Kompetenznetzwerk Sägen auf den Weg bringen, ist wirklich ein Schritt vorwärts.

*Haben deutsche Unternehmen noch einen technologischen Vorsprung?*

**Stolzer:** Auf der Maschinenseite sind wir mit Sicherheit vorne, besonders wenn es um flexible Automatisierung geht. Wir müssen uns aber anstrengen, in den sogenannten Mittelmärkten wieder Fuß zu fassen. Dafür sind Kooperationen wichtig. Denn wenn wir weltweit Vertriebs- und Serviceleistungen bieten wollen, sind Mittelständler oft zu klein.

*Was versprechen Sie sich vom Arbeitskreis?*

**Krebber:** Ich erhoffe mir vor allem eine Standardisierung. Denn in einer Fabrik laufen nicht nur KASTO-Maschinen, sondern auch solche anderer Hersteller. Da braucht es geeignete Schnittstellen. Mit dem Arbeitskreis Sägen haben wir die Möglichkeit, dafür endlich Standards zu schaffen und müssen nicht mit jedem Hersteller spezifische Lösungen verabreden.

*Wie wird sich die Sägebranche in den nächsten zehn Jahren entwickeln?*

**Krebber:** Beim Sägen sind wir noch nicht in der Hochgeschwindigkeitsbearbeitung angekommen. Das war beim Fräsen ein Meilenstein, der deutliche Produktivitätsgewinne gebracht hat. Der steht uns hier noch bevor.

# Reparatur und Klebvor- bereitung in einem Schritt

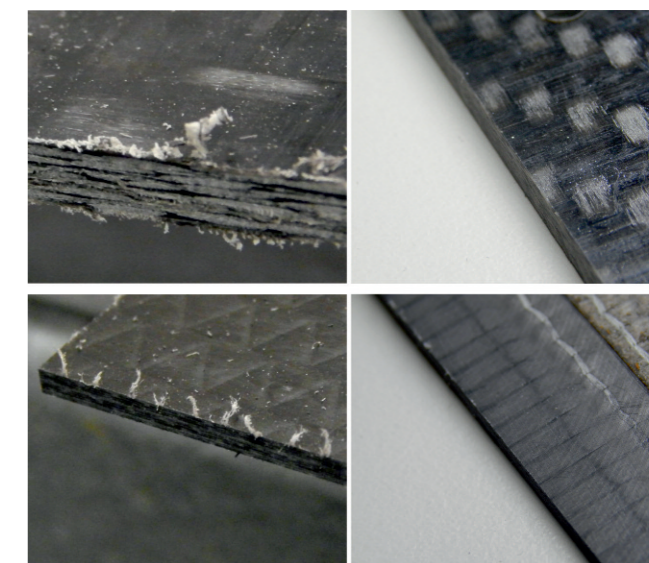
Das Fraunhofer IPA befasst sich in Zusammenarbeit mit der RSA cutting systems GmbH mit der wirtschaftlichen Endbearbeitung von carbonfaserverstärkten Kunststoffen (CFK) und setzt dabei auf Bürstwerkzeuge. Dadurch wird eine Nachbearbeitung der Schnittkanten und eine Vorbereitung der Klebflächen in einem Prozessschritt möglich.

Die Nachbearbeitung der Fräskanten von CFK-Bauteilen erfolgt häufig durch manuelle Bearbeitungsschritte. Dabei werden reversible Schädigungen wie Ausfransungen durch einen zusätzlichen Prozessschritt mit einem Schleifvlies entfernt. Zwar haben Fortschritte in den Bereichen der Beschichtungen, Werkzeuggeometrie und Schneidstoffe von Zerspanwerkzeugen die Bearbeitungsqualität wie auch die Standzeit weiter verbessert, dennoch sind in vielen Fällen manuelle Nachbearbeitungsschritte immer noch notwendig.

Dabei stellen insbesondere Wirkfäden eine große Herausforderung dar. Zum Prozesssicheren Trennen dieser feinen Polyesterfäden werden sehr scharfe Schneidwerkzeuge benötigt. Nach relativ kurzen Standzeiten sind die Schneiden aufgrund des hohen Werkzeugverschleißes durch die abrasiven Kohlenstofffasern aber bereits stumpf. Faserüberstände an den Schnittkanten sind die Folge. Diese treten häufig schon nach wenigen Vorschubmetern auf, und zwar deutlich bevor die eigentliche Standzeit der Fräswerkzeuge erreicht wird.

## Automatisierte Nachbearbeitung

Untersuchungen am Fraunhofer IPA haben gezeigt, dass eine vollständige Nachbearbeitung dieser Faserüberstände mit Bürstwerkzeugen möglich ist. Hierzu werden spezielle Bürstwerkzeuge direkt in die Werkzeugmaschine oder den Zerspanroboter eingewechselt, sodass der Prozess in der gleichen Aufspannung wie der Zerspanprozess – ohne einen zusätzlichen Handlungsschritt – durchgeführt werden kann. Durch angepasste Prozessparameter und Bürstentypen sind in der Nachbearbeitung Vorschübe über 15 m/min möglich, was die Bearbeitungszeit auf ein Minimum reduziert. Auch können Fräswerkzeuge länger genutzt und die Produktivität durch höhere Vorschubgeschwindigkeiten gesteigert werden, denn dadurch entstehende Bearbeitungsfehler werden durch die automatisierte Nachbearbeitung vollständig entfernt. Die heute manuell durchgeführten Arbeiten lassen sich also komplett automatisieren.



Dies gilt neben Polyesterfäden auch für Überstände anderer Fasern wie Kohlenstoff- oder Glasfasern, ebenso für Gratbildung aus der Bearbeitung von thermoplastischen Bauteilen. Die Technik ist also universell einsetzbar. Auch delaminierte Deckschichten können durch das Verfahren nachgebessert werden. So ist es z. B. möglich, Bereiche der Deckschichten, die sich gelöst haben, gezielt abzutragen und auf diese Weise ein weiteres Einreißen des Materials zu verhindern. Außer Fräskanten können auch Bohrungen gebürstet werden.

Wirtschaftlich ist der Einsatz von Bürsten besonders interessant, da in einem Arbeitsschritt auch die Oberfläche zur Vorbereitung anschließender Klebprozesse aufgeraut werden kann. Im Gegensatz zum Sandstrahlen kann der Prozessschritt direkt in der Werkzeugmaschine oder der Roboter-Zelle erfolgen. Bürsten erspart also nicht nur einen Handlungsschritt, sondern auch die zusätzliche Investitionen in eine Sandstrahlanlage. ■

## Kontakt

Tim Mayer  
Telefon +49 711 970-1549  
tim.mayer@ipa.fraunhofer.de

## Arbeitskreis mit konkretem Mehrwert

Der Arbeitskreis Sägen trifft sich das nächste Mal am Rande der Stuttgarter Säge-Tagung am 17. November 2015, für die das Kompetenzzentrum Sägen praxisorientierte Forschungsthemen, Anwenderberichte, moderne Maschinen- und Werkzeugkonzepte und innovative Trends rund ums Sägen zusammengestellt hat. Nach dem Willen aller Beteiligten soll der Arbeitskreis ständig weitergeführt werden, um dort die branchenrelevanten Themen zu definieren, die das Kompetenzzentrum als unabhängige Institution bearbeiten kann. Dabei wird der bewährte Mix beibehalten: Vorträge aus Industrie und Forschung informieren die Teilnehmer und schaffen die Möglichkeit, neue Projekte anzubahnen. »Für die nächsten Treffen wollen wir den Kreis erweitern und in Arbeitsgruppen gliedern. So können wir zum Beispiel nach zu bearbeitendem Werkstoff wie Holz, Metall, Kunststoff, Stein oder Sägeverfahren wie Band, Kreissäge, Bügel clustern. Damit erhöht sich der Mehrwert für die Teilnehmer noch einmal«, stellt Abteilungsleiter Schneider in Aussicht. *Klaus Jacob/jdw* ■

17. November 2015

## Stuttgarter Säge-Tagung

Hocheffiziente und flexible Fertigung durch innovative Sägetechnologie

Anwendungen und Lösungen für Werkzeuge, Maschinen, Prozesse und Automatisierung

Anmeldung unter:  
[www.saegen-stuttgart.de](http://www.saegen-stuttgart.de)

## Ansprechpartner

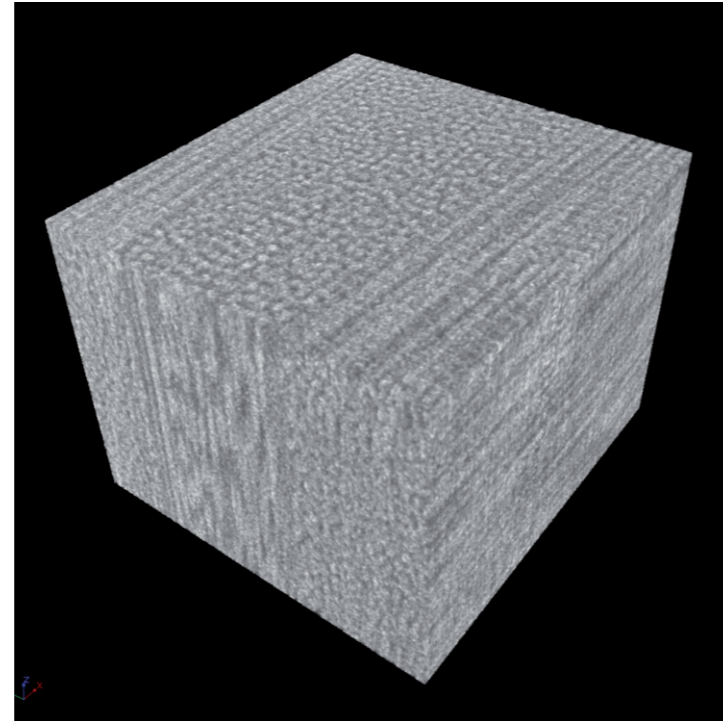
Dr.-Ing. Christoph Birenbaum  
Telefon +49 711 970-1536  
christoph.birenbaum@ipa.fraunhofer.de

# Faserverbundbauteile zerstörungsfrei geprüft

Faserverbund- oder faserverstärkte Kunststoffe (FVK) werden zunehmend in Industriebereichen eingesetzt, in denen leichte und zudem sehr belastbare Materialien gefragt sind. Neben der Luftfahrtindustrie und dem Energiesektor ist das in verstärktem Maße auch die Automobilindustrie. Jedoch ist die Herstellung von FVK-Bauteilen teuer und stellt hohe Anforderungen an die Qualitätskontrolle, da insbesondere innere Strukturen und Fehlstellen untersucht werden müssen. Für die Prüfung von FVK-Bauteilen eignen sich verschiedene zerstörungsfreie Prüfverfahren (NDT: Non-Destructive Testing) wie die Computertomographie (CT), Thermographie oder der Ultraschall. Dabei erfolgt die Auswertung der aufgenommenen Messdaten (z. B. 3D-Daten mittels CT) heutzutage in sensorspezifischen oder datenart-spezifischen Softwareprodukten. Um diese Prüfverfahren für den Leichtbau zu etablieren und zu kombinieren, wurde im Rahmen des EU-Projekts »QualiFibre« (Qualification and Diagnosis of Carbon and Glass Fibre-Reinforced Composites with Non-Destructive Measurement Technologies) am Fraunhofer IPA eine sogenannte NDT-Machine-Vision-Softwareplattform entwickelt. Diese Softwareplattform ermöglicht durch ihren modularen Aufbau die Handhabung und Visualisierung von unterschiedlichen Messdaten wie Thermographie-, Ultraschall- und 3D-CT-Daten. Ihre integrierte Defekterkennungssoftware enthält außerdem neue Verarbeitungs- und Auswerteverfahren für die Messdaten. Darüber hinaus können Thermographie- und Ultraschall-Daten bzw. Prüfergebnisse fusioniert werden, um eine verbesserte Qualitätskontrolle der Bauteile zu erzielen.

## Defekterkennung in Thermographie- und Ultraschalldaten

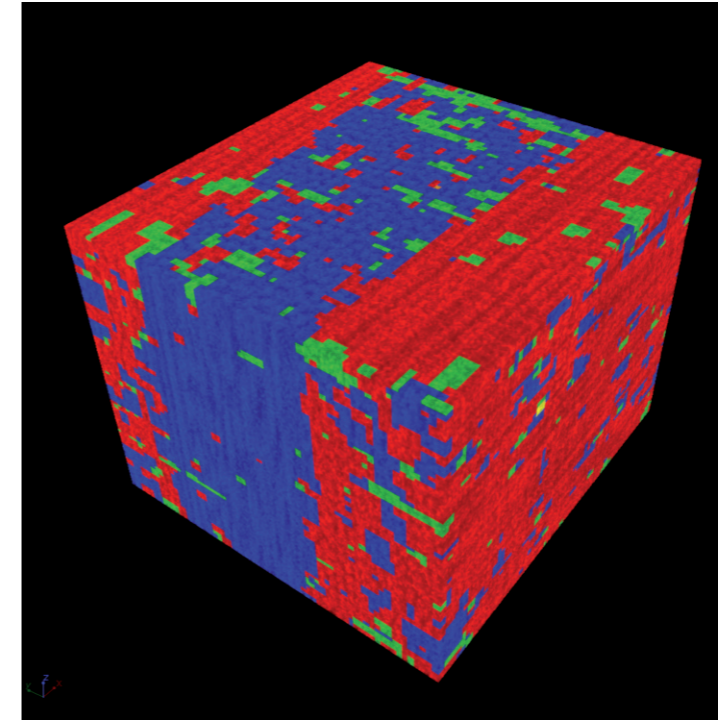
Die Erkennung von Bauteildefekten in Thermographie- und Ultraschalldaten erfolgt mit denselben, auf einen definierbaren Bereich des Bildes angewandten Bildverarbeitungsverfahren. Zunächst werden die Bilder geglättet und darauf aus der mor-



CT-Daten eines carbonfaserverstärkten Kunststoff-Würfels.

phologischen Bildverarbeitung stammende Transformationen angewendet. Damit werden die lokal begrenzten hellen bzw. dunklen Bereiche herausgearbeitet. Die Grauwerte im Ergebnisbild dieser Transformationen können als (relative) Wahrscheinlichkeit für das Vorliegen eines Defekts an dieser Stelle angesehen werden. Für die erkannten Defekte werden geometrische Merkmale wie Fläche, Umfang, maximale und minimale Ausdehnung sowie die Position bestimmt und damit die Fehlstellen charakterisiert.

Die Auswertung von Thermographie- und Ultraschalldaten führt häufig zu unterschiedlichen Ergebnissen, da verfahrensbedingt nicht alle Defekte von beiden bildgebenden Prüfverfahren gleich gut erkannt werden können. Durch die Kombination der Ergebnisse von Thermographie- und Ultraschalluntersuchung durch Fusion können die Stärken der beiden Verfahren kombiniert werden. Ziel der Fusion ist einerseits, möglichst alle Defekte im Bauteil zu erkennen, und andererseits, Defekte möglichst sicher zu erkennen, d. h. die mit dem einen Prüfverfahren ermittelten Defekte mit dem zweiten Prüfverfahren zu bestätigen.



Farbcodierte Darstellung der Faserrichtungsanalyse.

## Fehleranalyse in CT-Daten

Mit Hilfe der NDT-Machine-Vision-Softwareplattform lassen sich auch CT-Daten verarbeiten und visualisieren, wodurch ein vollständiger Einblick in die inneren Strukturen der FVK ermöglicht wird. Schwer interpretierbare Ergebnisse der Ultraschall- und Thermographie-Aufnahmen können durch den Vergleich mit den visualisierten CT-Daten besser verstanden werden, was bei ähnlichen Fehlertypen die Definition klarer Bewertungskriterien für die Interpretation der 2D-Daten ermöglicht. Wenn diese bestimmt wurden, kann auf den Einsatz der aufwendigen CT-Technologie zur Fehlererkennung verzichtet werden.

Die NDT-Plattform verfügt über mehrere 3D-Analysefunktionen auf Basis von CT-Daten. Hierzu gehören: eine Porositätsanalyse, eine Defekterkennung und eine Analyse der Faserorientierung. Die Porositätsanalyse erlaubt ein automatisches Auffinden der Poren im FVK-Bauteil und liefert als Ergebnis neben der farbcodierten Visualisierung der Poren auch eine Statistik über die Porenverteilung im Bauteil. Bestimmte Defekttypen wie z. B.

Risse oder Delaminationen können mit Hilfe einer Defekterkennung auf Basis von 3D-Texturanalyse identifiziert und farblich im Volumendatensatz markiert werden. Ein entscheidendes Qualitätsmerkmal von FVK ist die Faserorientierung, da sie großen Einfluss auf die Steifigkeit und Belastbarkeit der Materialien hat. Zur Erkennung der Faserorientierung wird ebenfalls ein texturbasierter Algorithmus verwendet, der die räumlichen Faserrichtungen ermittelt und farblich darstellt.

Die NDT-Machine-Vision-Plattform ermöglicht somit sowohl die einzelne als auch die kombinierte Auswertung von Messdaten der unterschiedlichen zerstörungsfreien Prüfverfahren, und zwar unter Verwendung von modernen, automatisierten Algorithmen zur Fehlererkennung und Datenfusion. Die modulare Software-Plattform kann je nach zukünftigen FVK-Qualitätsstandards weiter ausgebaut und angepasst werden. ■

## Kontakt

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

# Handgerät prüft schnell und flexibel

Faserverstärkter Kunststoff (FVK) wird gerne für extreme Belastungen eingesetzt. Da er extrem leicht und gleichzeitig sehr fest ist, eignet er sich beispielsweise für den Rennsport oder die Luft- und Raumfahrt. Um den hohen Sicherheitsanforderungen dieser Branchen gerecht zu werden, ist eine intensive Qualitätssicherung erforderlich. Die IPA-Wissenschaftler haben ein Handgerät entwickelt, das die Bauteile schnell und flexibel prüft.

Bislang existieren auf dem Markt kaum entsprechende Verfahren oder Werkzeuge, um die Bearbeitungsqualität einzelner FVK-Bauteile zu kontrollieren. Hier muss teilweise noch manuell gearbeitet werden. »Das kostet Unternehmen viel Zeit und Geld und liefert subjektive Ergebnisse«, kritisiert Dr. Christoph Birenbaum, Gruppenleiter Leichtbautechnologien am Fraunhofer IPA. Vor allem letzteres kann bei FVK-Bauteilen schwerwiegende Folgen haben. »Die Fasern sind so spröde und abrasiv, dass schon kleinste Kantenausbrüche oder Überstände zu Fehlern in der Weiterverarbeitung führen können«, erklärt der Experte.

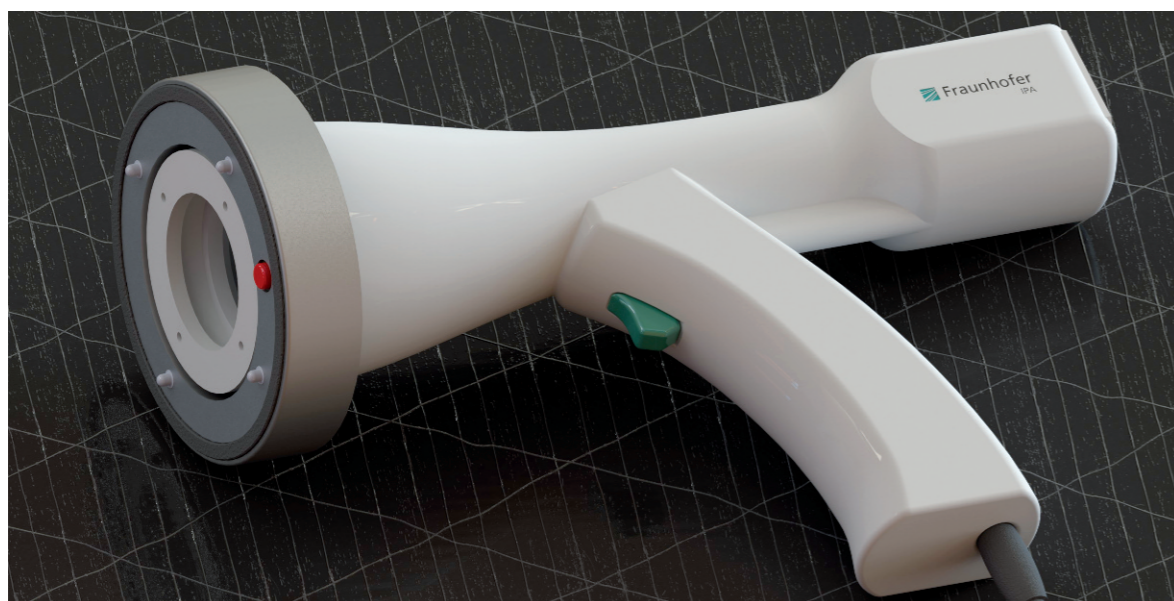
Lösungen für dieses Problem gibt es bereits. In den vergangenen Jahren haben die IPA-Wissenschaftler verschiedene Prüfwerkzeuge entwickelt, um die Qualität von FVK zu beurteilen. »Diese Tools werden zum Teil direkt ins Bearbeitungszentrum integriert. Sie ermitteln die Qualitätskriterien schon während der Herstellung«, erläutert der Gruppenleiter.

Allerdings sei diese Vorgehensweise nur bei Nischenproduktionen sinnvoll, bei Serienproduktionen sei sie zu aufwendig.

Die Wissenschaftler haben daher die stationären Technologien in ein Handprüfgerät überführt, das genauso groß und schwer ist wie eine Bohrmaschine. »Damit lassen sich einzelne Bauteile schnell und flexibel prüfen«, informiert Birenbaum. Außerdem lasse sich das Werkzeug modular erweitern und mit nur wenigen Handgriffen an verschiedene Prüfaufgaben anpassen. Erste Anfragen aus der Industrie haben die Stuttgarter Wissenschaftler schon erhalten: Automobilhersteller wollen das Handprüfgerät zum Beispiel für die Wareneingangskontrolle verwenden. ■

#### Kontakt

Dr.-Ing. Christoph Birenbaum  
Telefon +49 711 970-1536  
christoph.birenbaum@ipa.fraunhofer.de



Das neue Handgerät ist modular erweiterbar und ermöglicht eine schnelle und flexible Qualitätssicherung bei FVK-Bauteilen.



## Sichere Kunststoffverbindung durch Rührreibschweißen

Im Gegensatz zu Metallen lassen sich FVK-Teile nicht einfach zusammenschweißen. Denn beim Kleben oder Aufschmelzen gelangen keine Verstärkungsfasern in die Fügezone, wodurch sich die mechanischen Eigenschaften des gefügten Bauteils reduzieren. Die IPA-Wissenschaftler haben bereits gezeigt, dass sich mit dem Rührreibschweißen Verstärkungsfasern in die Fügezone einrühren lassen. Das Verfahren kann somit als faserverbundgerechtes Fügeverfahren bezeichnet werden.

Besonders wichtig war es den Experten, die Prozessgeschwindigkeit schleunigst auf ein industrietaugliches Niveau zu steigern. Dafür sei vor allem zusätzliche Wärme nötig. »Im Gegensatz zu Metallen leiten Kunststoffe Wärme nur geringfügig. Die Reibungswärme beim Rührreibschweißen reicht also nicht aus«, erklärt Projektleiter Manuel Schuster. Als ergänzende Wärmequelle haben die Experten eine Infrarot-Einrichtung eingesetzt, mit der die Prozessgeschwindigkeit deutlich gesteigert werden konnte. »Mit 650 Millimeter pro Minute ist das Verfahren für die Industrie schon interessant«, meint Schuster. Ebenfalls

konnte das Team mit einem ultrashallangeregten Werkzeug die Vorschubgeschwindigkeit steigern. Hiervon versprechen sich die Wissenschaftler Potenziale, das Verfahren weiter zu beschleunigen.

Außerdem haben die Leichtbau-Experten ein Handgerät als Prototyp entwickelt, das die Technologie schnell und sicher ausführt. Möglich sei dies nur gewesen, weil die Prozesskräfte des Verfahrens verhältnismäßig gering sind. Mögliche Einsatzbereiche finden sich in der Herstellung von Prototypen oder bei der Reparatur von FVK-Bauteilen. ■

**Mehr zum Rührreibschweißen unter:**  
[www.ipa.fraunhofer.de/kunststoffteilen](http://www.ipa.fraunhofer.de/kunststoffteilen)

#### Kontakt

Manuel Schuster  
Telefon +49 711 970-1548  
manuel.schuster@ipa.fraunhofer.de



# Lackierbarkeit hochfester Kunststoffe sicherstellen

Wer seine Ressourceneffizienz steigern will, kommt in vielen Branchen um das Thema Leichtbau nicht herum. Der Einsatz hochfester, z. B. faserverstärkter Kunststoffe, nimmt in diesem Zusammenhang stark zu. Ihre Lackierbarkeit spielt bei der Materialauswahl eine wichtige Rolle. Eine produktionssichere und qualitativ hochwertige Kunststoffteilelackierung erfordert allerdings im Vorfeld umfangreiche Untersuchungen. Insbesondere wenn die Kunststoffteile unmittelbar neben Stahlblech verbaut werden, wie es in der Automobilindustrie der Fall ist, muss ein einheitlicher Gesamteindruck entstehen. Die Materialauswahl ist so zu treffen, dass eine entsprechend homogene Lackfilmstruktur in der Produktion sichergestellt werden kann.

## Auf ein einheitliches Erscheinungsbild kommt es an

In Voruntersuchungen werden die Oberflächenstrukturen des zu lackierenden Kunststoffteils bestimmt. Sogenannte profilometrische Messungen ermitteln mit speziellen Algorithmen ein Höhenprofil mit einer Vielzahl oberflächenmorphologischer Parameter wie Rauigkeit, Welligkeit, Schiefe und Steilheit usw. Die gewonnenen Daten werden dann mit den sogenannten Appearance-Werten einer lackierten Oberfläche korreliert, sodass sich der Einfluss der Oberflächenstruktur auf die Lackfilmstruktur bestimmen lässt. Ein sichtbarer Effekt dieses Einflusses kann eine »Orangenhaut« sein (orange peel effect).

Dabei werden die Prozesse, z. B. Niedrig- oder Hochtemperaturprozesse berücksichtigt und der Einfluss u. a. auch von längerem Erhitzen (Tempern) einer Oberfläche auf die Lackfilmstruktur erfasst. Farb-, Glanz- und Verlaufsmessungen können entweder mit einem vorab definierten Standard oder bei verschiedenen zur Auswahl stehenden Materialien auch untereinander verglichen werden.

## Von der Oberflächenenergie hängt die Lackhaftung ab

Aber nicht nur die Oberflächenstruktur, sondern noch eine weitere Oberflächeneigenschaft spielt eine wesentliche Rolle für die Lackierbarkeit von hochfesten Kunststoffen: die Oberflächenenergie. Damit wird die Energie bezeichnet, die aufgewandt werden muss, wenn eine Lackoberfläche erzeugt wird.

Sie lässt sich aus der Bestimmung des Kontaktwinkels messen. Das ist der Winkel, den ein Lacktropfen auf dem Kunststoffteil zu der Oberfläche bildet. Seine Größe hängt von der Wechselwirkung zwischen Lack und Kunststoff an der Berührungsfläche ab. Je geringer diese Wechselwirkung ist, desto größer wird der Kontaktwinkel.

Ist die Oberflächenenergie bei einem großen Kontaktwinkel zu gering, muss die Oberfläche vor der Lackierung aktiviert werden. Das kann z. B. durch Plasmabehandlung oder Beflammen erfolgen. Dadurch haftet der Lack besser, was sich leicht durch Gitterschnitt oder Dampfstrahltest prüfen lässt.

## Leitfähigkeit herstellen und Reproduzierbarkeit garantieren

Ist eine elektrostatisch unterstützte Lackierung vorgesehen, ist die Leitfähigkeit des Kunststoffteils von entscheidender Bedeutung. Ist diese zu niedrig, müssen als erste Schicht leitfähige Pigmente aufgebracht werden. Dieser sogenannte Leitprimer verleiht dem Kunststoffteil elektrische Leitfähigkeit.

Damit die Untersuchungsergebnisse vergleichbar sind, müssen die Schichtdicken exakt reproduziert werden können. Dazu werden im Technikum des Fraunhofer IPA robotergeführte Applikationssysteme eingesetzt.

## Gesamtbild sichert Lackierbarkeit ab

Am Ende liefern alle gewonnenen Ergebnisse zusammen ein Gesamtbild über die Lackierbarkeit der hochfesten Kunststoffe. Das Fraunhofer IPA setzt diese Methodik zur Unterstützung seiner Industriekunden bei der Entwicklung neuer Materialien und Produkte ein. ■

## Kontakt

Philipp Knee  
Telefon +49 711 970-1265  
philipp.knee@ipa.fraunhofer.de

»Im Vorfeld durchgeführte systematische Lackierversuche und analytische Untersuchungen beschleunigen deutlich die Entwicklung neuer ressourcenschonender Leichtbauprodukte aus hochfesten Kunststoffen.«

Dr. rer. nat. Michael Hilt  
Leiter der Abteilung Beschichtungssystem- und Lackiertechnik



# »15 Jahre Rückstand in der Applikationstechnik aufgeholt«



## Christoph Vonach

hat Internationale Wirtschaftswissenschaften an der Universität Innsbruck studiert. In Kalifornien, USA, vertiefte er seine Grundlagen. Nebenbei studierte er Politikwissenschaften. Nach dem Studienabschluss ging Vonach in die metallverarbeitende Industrie. Vor zwei Jahren nahm er als Projektleiter seine Arbeit bei der Längle Group auf und ist dort heute kaufmännischer Leiter Anlagenbau.

**Pistolenlos, flexibel und energieeffizient ist das vom Fraunhofer IPA entwickelte TransApp®-Pulverbeschichtungssystem. Nach einer gemeinsam durchgeführten Machbarkeitsstudie und Beschichtungsversuchen mit Originalbauteilen von Kunden übernimmt die österreichische Firma Längle Group die Systementwicklung und Projektierung sowie den Bau einer kompletten Beschichtungsanlage. Wir sprachen mit Christoph Vonach, dem kaufmännischen Leiter Anlagenbau des Unternehmens, über die Vorteile und den Einsatz der neuen Technologie.**

*Interaktiv: Herr Vonach, was macht die Längle Group aus?*

*Vonach:* Die Längle Group ist ein Familienbetrieb in sechster Generation. Im Jahr 1856 als Ein-Mann Malerbetrieb gegründet, erweiterte das Unternehmen stetig seine Tätigkeitsbereiche in der Oberflächentechnik. Heute umfasst das Leistungsspektrum Pulverbeschichten, Sandstrahlen, Lackieren, Zinklamellenbeschichten, Eloxieren, Malen und die Planung und den Bau von Beschichtungsanlagen. Betreut werden vor allem Kunden in Österreich, Deutschland und der Schweiz, aber auch in anderen europäischen Staaten.

*Interaktiv: Wie sind Sie auf die TransApp®-Technologie aufmerksam geworden?*

*Vonach:* Zum einen sind wir als Full-Service-Provider fortlaufend auf der Suche nach individuell anpassbaren, kundenspezifischen Lösungen. Zum anderen hat sich bei uns der Anlagenbau in den letzten Jahren stark weiterentwickelt. Beides hat dazu geführt, dass wir aufmerksam die Forschungslandschaft beobachten, um genau zu wissen, welche neuen Technologien es gibt. Im Fall von TransApp® haben wir vor eineinhalb Jahren einen Bericht in einer Fachzeitschrift gelesen. Die dort beschriebene Technologie passte genau auf die Bedürfnisse, die einige Kunden an uns herangetragen hatten.

*Interaktiv: Was hat Sie schlussendlich davon überzeugt, mit dem Fraunhofer IPA zusammen zu arbeiten?*

*Vonach:* Es war Liebe auf den ersten Blick. Das Fraunhofer IPA hat zu einem spezifischen Problem eine spezifische Lösung anbieten können, die europaweit einzigartig ist. Nach dem ersten Besuch in Stuttgart war uns klar: Das sind die richtigen Leute – sowohl auf persönlicher als auch auf fachlicher Ebene. Mit denen möchten wir gern zusammenarbeiten. Die Option, mit einem anderen Forschungsinstitut zu kooperieren, kam somit gar nicht in Frage.

*Interaktiv: Wie ging es dann weiter?*

*Vonach:* Wir haben relativ schnell erkannt, wo die jeweiligen Stärken des anderen liegen. Das Fraunhofer IPA hat von Anfang an sehr geschätzt, dass die Firma Längle sehr engagiert im Vertrieb ist und hat entsprechend diese Kanäle genutzt. Und wir haben sehr stark davon profitiert, dass am Fraunhofer IPA neben der angewandten Forschung auch Grundlagenforschung betrieben wird. Mit dem TransApp®-Verfahren gab es bereits eine Lösung, auf die wir zugreifen konnten. Uns war klar, dass wir selbst nicht in der Lage gewesen wären, eine solche Technologie aus dem Stand heraus zu entwickeln.

*Interaktiv: Welche Vorteile bietet die TransApp®-Technologie gegenüber anderen Verfahren?*

**»Die Technologie ist ein Wettbewerbsvorteil.«**

*Vonach:* Auf der einen Seite benötige ich weniger Energie, habe einen geringeren Overspray und komme mit viel weniger Platz aus. Auf der anderen Seite ist das Handling besser und man spart Zeit. Darüber hinaus gibt es diverse andere Faktoren, die diese Technologie gegenüber der gängigen EPS-Technologie interessant macht. Was uns bis heute irritiert, ist die Tatsache, dass in der Pulverbeschichtungsindustrie zwar gern über Fortschritt gesprochen wird. Wenn dieser jedoch vor der Tür steht, dann versteckt man sich. Selbst wenn bekannt wird, dass die neue Alternative C besser ist, wird mit den klassischen Verfahren A und B weitergearbeitet. Das hat uns gewurmt und gleichzeitig angespornt, aktiv zu werden.

*Interaktiv: Wo setzen Sie die TransApp®-Technologie erstmalig ein?*

*Vonach:* Mit einem Kunden aus dem Automotive-Bereich, der mit uns einen langen Entwicklungsweg gegangen ist, werden wir im Jahr 2016 den ersten Prototyp in Betrieb nehmen. Das ist ein schönes Beispiel dafür, dass die Technologie in der Praxis Fuß fasst und für die industrielle Serienfertigung kommerziell-



»Gemeinsam beim Kunden aufzutreten, ist ein großer Vorteil.«

Ein eingespieltes Team, das sich aufeinander verlassen kann (v.l.n.r.): Christoph Vonach, IPA-Gruppenleiter Markus Cudazzo und Josef Liendlbauer, Leiter Projektmanagement bei der Längle Group.

siert werden kann. Das Interessante für diesen Kunden ist, dass er als derzeit Einziger im Markt diese Technologie anbieten kann. Das ist ein klares Alleinstellungsmerkmal und somit auch ein Wettbewerbsvorteil.

*Interaktiv: Wen sprechen Sie mit dieser Innovation noch an?*

*Vonach:* Wir sprechen ganz bewusst Unternehmen an, die aktuell noch gar nicht mit Pulverbeschichtung arbeiten. Denen ist oft gar nicht bewusst, dass der Pulverlack ein Substitut zum Nasslack sein kann. Großes Manko ist, dass sich zwar der Pulverlack in den letzten 15 Jahren weiter entwickelt hat – die Applikationstechnik hingegen nur sehr wenig. Mit dem TransApp®-Verfahren gibt es nun die Möglichkeit, die 15 Jahre Entwicklung, die der Pulverlack gemacht hat, mit der Entwicklung des Fraunhofer IPA zu verheiraten, und somit 15 Jahre Rückstand in der Applikationstechnik aufzuholen.

*Interaktiv: Für welche weiteren Branchen neben Automobil ist das Thema interessant?*

*Vonach:* Kürzlich waren wir im Gespräch mit einem Unternehmen, das im Bereich Flugzeug- und Helikoptertechnik tätig ist. Das ist aber nicht die Regel. Ein für uns ganz wichtiger Markt in den nächsten Jahren wird sicher der Coil-Markt sein. Hier wollen wir uns als Endlosbeschichter auf unsere Stärken fokussieren und weiter etablieren.

*Interaktiv: Wie sieht Ihre weitere Strategie aus?*

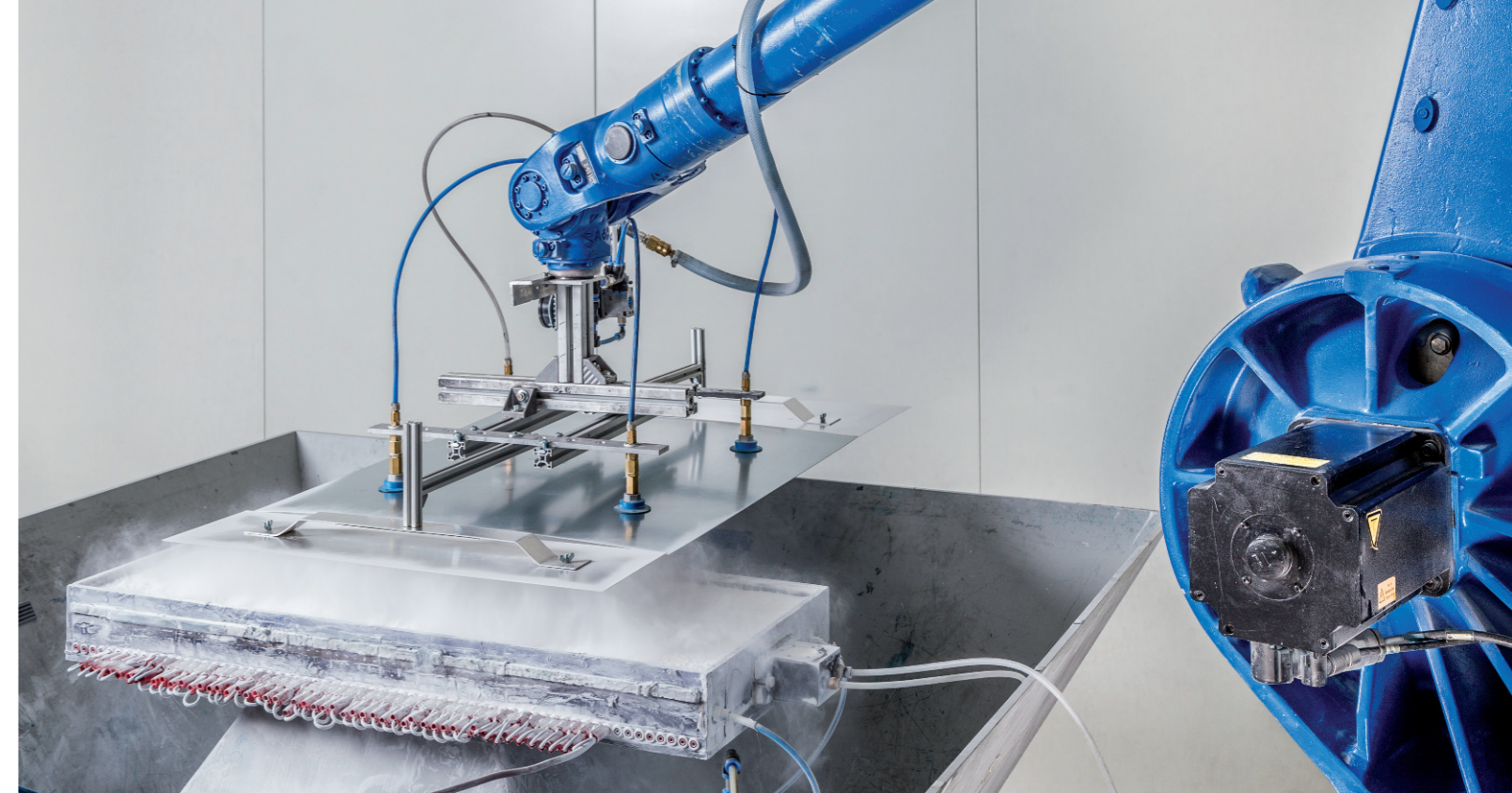
*Vonach:* Unser Hauptaugenmerk liegt darauf, die TransApp®-Technologie zu standardisieren und seriell angewandt auf den Markt zu bringen. Das wird uns durch die Gründung einer eigenen Firma, der TransApp® Technologies GmbH, gelingen. Wir sehen ein riesiges technisches Potenzial, sehen aber auch, dass wir noch viel Überzeugungsarbeit leisten müssen. Ziel ist es, auf der PaintExpo 2016 in Karlsruhe erstmals ein großes Publikum anzusprechen.

*Interaktiv: Wie geht die Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer IPA weiter?*

*Vonach:* Genauso wie bisher. Das Fraunhofer IPA kooperiert mit uns in Forschung und Entwicklung, fährt mit uns zusammen zum Kunden, berät uns, geht mit uns auf Messen und hält Vorträge mit uns. Wir ergänzen uns sehr gut. Das ist ein großer Vorteil und kommt direkt unseren Kunden zugute.

*Interaktiv: Abschließende Frage, Herr Vonach: Was muss aus Ihrer Sicht der Anlagenbau im deutschsprachigen Raum in Zukunft tun, um weiter wettbewerbsfähig zu bleiben?*

*Vonach:* Ich kann nur für den Anlagenbau im Bereich Pulverbeschichtung sprechen. Zum einen ist der Konkurrenzdruck in den letzten zehn Jahren enorm gestiegen – vor allem im



Mittelstand. Das liegt daran, dass benachbarte Länder von der Qualität her aufgeholt haben. Hiesige KMU können ihren Vorsprung nur halten und ausweiten, wenn sie entweder mit den Kosten runter gehen oder mit Service und Innovationen punkten. Zum anderen muss man sich selbst spezialisieren und mit Lieferanten und Dienstleistern zusammenarbeiten, die auf ihrem Gebiet Weltklasse sind. Der Mythos von 100 Prozent Fertigungstiefe ist heute nicht mehr tragbar. Die Aufgabe besteht darin, die besten Lösungen für unsere Kunden zu finden – mit einer offenen Ideen- und Kommunikationspolitik gegenüber den Mitarbeitern und mit Partnern, auf die man sich auch in schwierigen Zeiten verlassen kann. ■

#### Weitere Informationen zum TransApp®-Pulverbeschichtungssystem am Fraunhofer IPA

Markus Cudazzo  
Telefon +49 711 970-1761  
markus.cudazzo@ipa.fraunhofer.de



Die TransApp®-Technik basiert auf dem Prinzip des elektrostatischen Fluidisierbettverfahrens und kommt daher ohne Pulverpistolen aus. Das zu applizierende Pulver wird in einem Fluidisierbett in einen flüssigkeitsähnlichen Zustand gebracht und über Hochspannungselektroden elektrostatisch aufgeladen. Sobald sich geerdete Werkstücke über dem Fluidisierbett befinden, bewegt sich das Pulver durch die elektrische Feldkraft auf direktem Weg zur Oberfläche des Werkstücks. Im Gegensatz zu herkömmlichen Pulverbeschichtungsanlagen mit Sprühpistolen entstehen bei TransApp®-Anlagen nur sehr geringe Overspraymengen, das heißt, entsprechend platzsparend und kostengünstig fallen die Absaug- und Rückgewinnungsanlagen aus.

[www.laengle.com](http://www.laengle.com)



Quelle: everythingpossible – Fotolia

Industrie 4.0 und die digitale Welt von morgen

# Chancen für Geschäftsmodelle, Jobs und die Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands

Von Thomas Bauernhansl

**Die digitale Welt von morgen heißt für die Produktion kurz »Industrie 4.0«. In der längeren Version »Digitalisierung der Wertschöpfung«. Drei Milliarden Menschen haben im Jahr 2014 das Internet genutzt. 17 Milliarden Dinge waren über das Internet vernetzt. Im Jahr 2020 werden es voraussichtlich 28 Milliarden Dinge sein. Die Anzahl der Services im Internet sind ungezählt. Der Apple Store bietet über eine Million Apps an, die weltweit mehr als 75 Milliarden Mal heruntergeladen wurden. Was aber macht die Digitalisierung der Produktion mit unseren Geschäftsmodellen, Jobs und der Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands?**

Im Rahmen von Industrie 4.0 entstehen über die Digitalisierung der Wertschöpfung ganz neue Formen des Wirtschaftens, wie z. B. die Shared Economy (nutzen statt kaufen und besitzen) und Prosumer-Modelle, bei denen der Konsument und Kunde gleichzeitig auch an der Produktion direkt beteiligt ist.

Kritiker machen sich daher Gedanken um die Arbeitsplätze, wenn sich Industrie 4.0 durchsetzt. Doch die Sorge ist nur teilweise begründet. Die Digitalisierung führt zwar zu einer Rationalisierungswelle bei den indirekten Tätigkeiten, denn beim Übergang vom Vertrieb fertiger Produkte zum Service-Modell übernehmen die Kunden große Teile der Konfiguration selbst. Dann werden viel weniger Verkäufer bzw. Berater und klassische Verkaufsstellen benötigt.

Bei den direkten wertschöpfenden Mitarbeitern in den Fabriken wird jedoch der normale Rationalisierungsprozess wie in der Vergangenheit weitergehen. Da gibt es keine großen Veränderungen: Fünf Prozent mehr Output bei gleicher Personalstärke oder gleicher Output mit fünf Prozent weniger Mitarbeitern pro Jahr. Die Automatisierung durch Roboter trifft die Niedrig-Qualifizierten zuerst.

Es werden aber wohl die Hälfte der Arbeitnehmer in den indirekten Bereichen neue Aufgaben suchen müssen. Dazu zählen z. B. Controller, Einkäufer sowie Servicemitarbeiter. Viele Sachbearbeiter werden in ihrer Arbeit von Software-Systemen unterstützt. Auch diese Jobs können bald von der Software selbst übernommen werden.

Und was ist mit der Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Industrie? Die Automatisierung durch Roboter gleicht die Produktionskosten schon heute weltweit an. Die reinen Arbeitskostenvorteile in Niedriglohnländern verschwinden nach und nach. Es wird allerdings wohl keine umfangreiche Rückverlagerung der Produktion nach Deutschland geben, weil der Käufermarkt über den Produktionsstandort entscheidet. Auch deutsche Firmen produzieren häufig dort, wo sie ihre Produkte verkaufen können. Allerdings gibt es in der Wertschöpfung immer »Hotspots«, die von günstigen Rahmenbedingungen wie Cluster-Synergien, Fachkräften oder auch Infrastruktur abhängen. In der Automobilproduktion, dem Maschinenbau oder auch der Chemie finden wir diese »Hotspots« in Deutschland. Sie begründen unseren Exporterfolg. Hier bietet die Digitalisierung der Wertschöpfung eine große Chance, unsere lokale Produktion zu stärken und gegebenenfalls gezielt auszubauen.

Im Vergleich zu den anderen Playern im Wettbewerb um die Wertschöpfung, ist Deutschland noch gut aufgestellt. Wir stehen im Spiel »Industrie 4.0« schon lange auf dem Platz, während beispielsweise die Amerikaner noch in der Umkleidekabine sitzen. Aber durch ihren Umgang mit »Big Data« können sie den Erfahrungsvorsprung Deutschlands durchaus aufholen.

China ist inzwischen der größte Roboter-Markt der Welt. Die Entwicklung wird vom Staat stark gefördert. Das Ergebnis könnte also sein, dass China günstige Roboter baut und die USA, zum Beispiel Google, die passende Software zum Betrieb der Roboter liefert. Das wäre eine gefährliche Konstellation für Deutschland. Nun sind Roboter nicht so leicht zu steuern wie Smartphones. Bis spätestens 2020 werden wir sehen, ob Google oder andere US-Firmen in der Lage sind, auch das dominante Betriebssystem und entsprechende Plattformen für Roboter zu entwickeln.

Glücklicherweise haben die deutschen Firmen diese Entwicklung im Blick und sind ebenfalls in diese Richtung unterwegs. Ziel ist es, auch in Deutschland das Plattform-Modell auf die Industrie zu übertragen. Sie darf diese Plattform aber nicht aus Sicht der von ihnen entwickelten Technik, sondern muss sie aus Sicht der Kunden bauen. Die Kunden wollen nicht für jede Maschine eine eigene Software-Plattform nutzen. Der Plattform-Betreiber muss also mit möglichst vielen Herstellern und Kunden zusammenarbeiten, um das Ökosystem möglichst umfassend zu machen. Wenn dann der Nutzen im Vergleich zu Wechselkosten deutlich höher ist, behalten wir unsere Vorteile und das Spiel ist gewonnen.

**»Die erfolgreichsten Plattformen für das Internet der Dinge müssen aus Deutschland kommen.«**

Deutsche Unternehmen sollten also versuchen, Betreiber von digitalen Produktions-Plattformen zu werden. Sie sollten diese offen und attraktiv gestalten, damit sich möglichst viele Kunden und Lieferanten sowie ggf. auch Wettbewerber dort anschließen. Sicherheit und Vertrauen sind dabei die Trümpfe, die Deutschland in der Hand hat.

Hierzulande sollten wir nicht weiterhin nur an die Technologie denken, sondern zunächst an das Geschäftsmodell. Alles wird zum Service im Rahmen von Industrie 4.0 – und das bedeutet eine teilweise disruptive Veränderung vieler Geschäftsmodelle.

Die US-Konzerne wie Google oder Amazon versuchen, ihre dominante Position im Internet der Menschen mit dem Fokus auf die Consumermärkte (B2C) auf das Internet der Dinge und damit auf die Industriemärkte (B2B) zu übertragen. Deutsche Unternehmen wie Siemens, Bosch oder die Telekom halten dagegen und versuchen selbst, wettbewerbsfähige plattformbasierte Ökosysteme im Internet zu etablieren. Um Jobs und Wettbewerbsfähigkeit in der digitalen Welt von morgen zu sichern, müssen wir dafür sorgen, dass die erfolgreichsten Plattformen für das Internet der Dinge aus Deutschland kommen. ■

# Effiziente Heizung für Elektroautos

Wer ein Elektroauto fährt, hat einen Grund mehr, den Sommer zu lieben: Im Winter sinkt die Reichweite der Fahrzeuge durch den zusätzlichen Energiebedarf der Heizung deutlich. Anders als bei konventionellen Pkw, wo Motorabwärme im Überfluss vorhanden ist, um das Fahrzeuginnere aufzuheizen, fällt bei Elektroautos so gut wie keine Abwärme an. Eine zusätzliche elektrische Heizung ist notwendig. Diese wird über die gleiche Batterie mit Strom versorgt, die auch den Motor beliefert. »Im ungünstigsten Fall kann man mit dem Auto dann nur noch die halbe Strecke fahren wie sonst«, sagt Serhat Sahakalkan, Projektleiter am Fraunhofer IPA in Stuttgart.

Wissenschaftler haben dort eine Flächenheizung auf Folienbasis entwickelt, die in Elektroautos schnell für wohlige Wärme sorgt und dadurch – vor allem auf kurzen Fahrten – effektiver ist als bisherige Elektroheizungen. Das Heizkonzept basiert auf einer Folie, die mit leitfähigen Kohlenstoffnanoröhren (CNTs) beschichtet ist. Dazu sprühen die Wissenschaftler eine CNT-Dispersion hauchdünn auf. »Die Folie wird auf die innere Türverkleidung aufgeklebt und erzeugt dort im Bereich der Armlehne in kürzester Zeit eine angenehme Wärme«, erklärt der Physiker. Die Heizung funktioniert nach dem Joule'schen Gesetz: Fließt Strom durch die Folie, stößt er auf einen natürlichen Widerstand zwischen den einzelnen Nanopartikeln. Durch diese Zusammenstöße entsteht Wärme.

## Hauchdünne Folie spart Energie und Kosten

Auch herkömmliche elektrische Widerstandsheizungen, wie sie bereits in Elektroautos zum Einsatz kommen, nutzen dieses Prinzip. Als leitfähiges Material kommt dabei in der Regel Kupferdraht zum Einsatz, der beispielsweise in Silikonmatten eingebettet wird. Die Lösung der Stuttgarter Forscher bietet jedoch einige Vorteile: Während heute verfügbare Kupferdrahtheizungen relativ sperrig sind und einigen Bauraum benötigen, besteht die Folienheizung aus einer nur wenige Mikrometer dicken Schicht aus leitfähigem Material. Sie lässt sich flexibel auf unterschiedlichste Oberflächen aufbringen und trägt mit ihrem geringen Gewicht dazu bei, Energie und Kosten zu sparen.



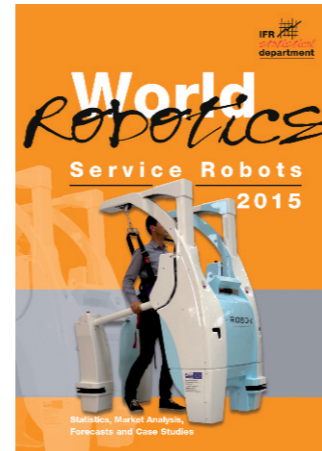
Die CNTs selbst verfügen über eine geringe Wärmespeicherkapazität, wodurch die erzeugte Wärme unmittelbar an die Umgebung abgegeben wird. Im Gegensatz zur drahtbasierten Variante verteilt sich die Wärme dabei homogen über die gesamte Folienfläche, was den Wirkungsgrad deutlich erhöht. Schaltet der Fahrer die Heizung aus, kühlt das Material ebenso rasch wieder ab. »Diese schnellen Reaktionszeiten sind gerade für kurze Strecken wie Stadtfahrten ideal«, erläutert Sahakalkan. Die gewünschte Heizleistung lässt sich vom Nutzer stufenlos regeln. Selbst punktuelle Defekte beeinträchtigen die Funktionsfähigkeit nicht. Bei drahtbasierten Heizungen können dagegen schon winzige Brüche im Metall zum Ausfall führen. *Britta Widmann/jdw* ■

## Kontakt

Serhat Sahakalkan  
Telefon +49 711 970-3726  
serhat.sahakalkan@ipa.fraunhofer.de

# Robotikbranche weiter auf Wachstumskurs

Der Trend zur Automatisierung hat sich auch im Jahr 2014 fortgesetzt: In fast allen Segmenten hat die Robotikbranche sowohl bei den verkauften Stückzahlen als auch beim Umsatz deutlich zugelegt. Entsprechend positiv sind auch die Prognosen für die Jahre 2015 bis 2018. Dies sind die Ergebnisse des Jahrbuchs »World Robotics 2015«, das die »International Federation of Robotics« (IFR) gerade in Frankfurt vorgestellt hat. Der Band zur Servicerobotik ist in enger Kooperation mit dem Fraunhofer IPA entstanden.



Quelle: IFR Statistical Department.

»Die Nachfrage nach Servicerobotern ist 2014 erneut mit beeindruckenden Wachstumsraten gestiegen«, erklärt Martin Hägele, Leiter der Abteilung Roboter- und Assistenzsysteme am Fraunhofer IPA und Autor des Bandes zur Servicerobotik. »Der Verkauf dieser Produkte kletterte im Jahresvergleich zum zweiten Mal in Folge um 28 Prozent auf zuletzt 3 Millionen Einheiten.«

## Zukunftsmarkt für private und gewerbliche Serviceroboter

Den größten Anteil am Erfolg der Servicerobotik haben Geräte, die den Nutzern monotone und als lästig empfundene Aufgaben wie Rasenmähen oder Staubsaugen abnehmen. Von 2015 bis 2018 wird der kumulierte Absatz privat genutzter Serviceroboter auf 35 Mio Einheiten prognostiziert. Haushaltsroboter haben mit 25 Mio Einheiten daran den größten Anteil. Ein großer Zukunftsmarkt im privaten Segment zeichnet sich auch für Assistenzroboter in der Unterstützung von Senioren ab. Hintergrund: Viele Länder haben hierzu Forschungsinitiativen aufgelegt.

Bei den Servicerobotern für gewerbliche Anwendungen wurden 2014 rund 24 200 Einheiten verkauft (2013: 21 700). Verteidigungssysteme sind dabei das größte Geschäftsfeld, gefolgt von der Landwirtschaft und der Logistik. Ein gerade entstehender Markt ist die Nachfrage nach Exoskeletten. Diese körpergetragenen Systeme sind für die Rehabilitation oder auch zur Unterstützung bewegungseingeschränkter Menschen im Einsatz. Im professionellen Umfeld dienen sie in ersten Anwendungen als Kraftunterstützung und ermöglichen ergonomisches Arbeiten bei physisch anspruchsvollen Aufgaben.

## Deutschland bei Industrierobotern in Europa Vorreiter

Für Industrieroboter sind China, Japan, USA, Südkorea und Deutschland die größten Absatzmärkte. In Europa hat Deutschland mit großem Abstand die Nase vorn. Innerhalb des Jahres 2014 stiegen die Verkaufszahlen um 10 Prozent auf rund 20 100 Einheiten, was der größte bisher registrierte Absatz binnen eines Jahres ist.

Die digitale Transformations- und Automatisierungswelle wird den Siegeszug der Industrieroboter bis 2018 weiter vorantreiben. »Im Zuge von »Industrie-4.0-Projekten« steht zum Beispiel die Mensch-Roboter-Kooperation (MRK) vor dem Durchbruch. Die vereinfachte Zusammenarbeit zwischen Mensch und Maschine öffnet den Markt der Roboter- und Automatisierungsausrüster für neue Anwendungen«, so Hägele. Das Fraunhofer IPA hat Technologien für MRK und entsprechende Pilotanwendungen in Forschungsinitiativen maßgeblich mit erschlossen. Aktuell gestaltet das Institut wirtschaftliche und sichere MRK-Lösungen für unterschiedlichste Industrieanwendungen. ■

Detaillierte statistische Auswertungen, eine Zusammenfassung des Jahrbuchs sowie weitere Informationen:

[www.worldrobotics.org](http://www.worldrobotics.org)

## Kontakt

Martin Hägele  
Telefon +49 711-970 1203  
[martin.haegle@ipa.fraunhofer.de](mailto:martin.haegle@ipa.fraunhofer.de)

# FTS für wandlungsfähige smarte Umgebungen

Die Intralogistik ist ein Kernelement in Handel, Produktion und Dienstleistung. Aktuell stehen Hersteller und Anwender vor der Herausforderung, auf Entwicklungen wie den weltweiten Trend Online-shopping zu reagieren oder die Grundlagen für die im Kontext von Industrie 4.0 zunehmend flexibleren Produktionsweisen zu schaffen.

Deshalb sind variabel einsetzbare mobile Systeme gefragt, die bspw. frei navigieren können: Das Fraunhofer IPA hat Navigationstechniken entwickelt, die keine besondere Infrastruktur mehr benötigen. Stattdessen können Fahrerlose Transportfahrzeuge (FTF) ihre Bahn dank intelligenter Sensoren und Software frei und dynamisch berechnen und auch Hindernissen ausweichen. Aktuell entwickeln die Wissenschaftler die freie Navigation so weiter, dass vernetzte mobile Systeme mit einer Cloud-basierten Leitsteuerung in Industrie-4.0-Umgebungen integrierbar sind. Indem alle Daten der FTF gebündelt verarbeitet werden, können bspw. Lokalisierung und Kartierung kooperativ erfolgen und Pfade optimal für die gesamte Flotte berechnet werden.

## Fahrerlose Transportsysteme (FTS) für alle Dimensionen

Modulare FTS ermöglichen es Endanwendern, diese leicht an neue Anforderungen wie mehr Transportvolumen oder höhere Komplexität anzupassen. Seriengabelstapler lassen sich zu autonomen Systemen nachrüsten und umgekehrt können FTF in Aufsitz-Stapler umgewandelt werden. Außerdem erobern FTF neue Einsatzfelder, indem sie mit Aufbauten für die Montage oder das Kommissionieren versehen werden. Und auch in sehr kompakter Form sind die autonomen Fahrzeuge im Kommen: Als Unterfahr-Hub-Schlepper unterfahren sie Regale oder Container und bringen die angeforderte Ware direkt zu manuellen Packplätzen. Eine Innovation ist hier die »Gabel ohne Stapler«, die lediglich aus zwei mechanisch unabhängigen, synchron gesteuerten Kufen besteht und so in den Bauraum einer Europalette fahren kann, um sie zum Transport anzuheben. Getragen werden diese hochmodernen FTF durch Technologieschübe in der Steuerungs- und Sensortechnik. Hierzu zählen bspw. auch neue 3D-Vision-Sensoren.

## Sehr gute Marktsituation

Die Marktsituation für mobile Systeme schätzten die Experten auf dem FTS-Technologieforum entsprechend gut ein: Hersteller von Staplern oder Flurförderzeugen sind zurück in der FTS-Branche und auch zahlreiche neue Anbieter drängen auf den Markt. Interessant ist, dass zu diesen neuen Akteuren auch Firmen wie Roboterhersteller, Anlagenbauer oder IT-Konzerne zählen, deren Kerngeschäft bisher nicht die mobilen Systeme waren.



Automontage der Zukunft: Die Firma Bär Automation hat zusammen mit dem Fraunhofer IPA frei navigierende FTF für die Automobilproduktion realisiert, die die Karossen zu den Montagestationen bringen. Quelle: Bär Automation GmbH, Foto: Wolfram Scheible.

Über die neuesten Lösungen und Produkte der Branche konnten sich im September rund 140 Anwender, Ausrüster, Hersteller und Entwickler auf dem 6. Technologieforum Fahrerlose Transportsysteme (FTS) und mobile Roboter am Fraunhofer IPA informieren.

Die Veranstaltung findet in zweijährigem Turnus statt und ist erneut für 2017 geplant. Der komplette Tagungsband 2015 inklusive DVD mit den Vorträgen ist zum Preis von 90 Euro beim Fraunhofer IPA erhältlich. ■

## Kontakt

Christoph Schaeffer  
Telefon +49 711 970-1212  
[christoph.schaeffer@ipa.fraunhofer.de](mailto:christoph.schaeffer@ipa.fraunhofer.de)



Mihai Dragan



Dr. Kai Pfeiffer



Dr. Jonathan Brix

»Bei uns geht es um ein verteiltes Energie- oder Batterie-Management-System.«

# Zelltausch statt Batteriewechsel

Ideengeber Dr. Jonathan Brix, Projektleiter Mihai Dragan und Gruppenleiter Dr. Kai Pfeiffer sind von ihrer intelligenten Zelle mehr als überzeugt. Sie brennen dafür. Weil ihre Batterie smarter und nachhaltiger ist als die herkömmlichen am Markt, sehen sie riesiges Potenzial vor allem im automobilen Sektor – auch im Zuge der Elektromobilität. Wir sprachen mit den drei Wissenschaftlern über harte Überzeugungsarbeit in Deutschland, den Spirit des Silicon Valley und das im Sommer 2015 gestartete EU-Projekt »3Ccar«.

*Wenn man das Wort »Energiespeicher« bei Google eingibt, kommen mehr als eine halbe Million Treffer. Bei »Intelligente Zelle« sind es 429 000, bei »Batteriezelle« 157 000 Treffer. Das sind Themenfelder, mit denen sich anscheinend viele Menschen beschäftigen. Geht man da nicht unter mit seiner Idee?*

*Brix: Da muss man aufpassen. Intelligente Zelle kann auch im biologischen Sinne verstanden werden. Wir jedoch sprechen von galvanischen Zellen. Nur wenige Leute suchen so gezielt. Bei uns geht es um ein verteiltes Energie- oder Batterie-Management-System, ein sehr spezielles Thema mit sehr viel Potenzial.*

*Erklären Sie das ein bisschen genauer.*

*Brix: Unsere intelligente Zelle fußt auf drei Säulen. Zum einen auf einem verteilten System, das ohne übergeordneten Verteiler, ohne Master oder Controller auskommt. Zum zweiten kommunizieren die Zellen untereinander, das ist die sogenannte Powerline-Kommunikation. Ein aktuelles Hype-Thema. Und die dritte Säule: Leistungselektronik. Die Kombination dieser drei Säulen macht den Charme des Ganzen aus und ist gleichzeitig unser »Unique selling proposition«. Unsere Technologie ist ein toller Enabler im Sinne eines Baukastenprinzips.*

*Pfeiffer: Das Gesamtsystem ist so simpel wie gut. Ein lese- und schreibfähiger Datenspeicher in jeder Batteriezelle informiert über den Ladezustand und sichert den Verlauf bisheriger Lade- und Entladezyklen. Die Historie wird gespeichert, die Zellen organisieren sich untereinander, können sich selbst an- und ausschalten. Ist eine Zelle kaputt, kommt diese raus und eine neue rein. Man weiß sogar sofort, welche Zelle kaputt ist. Die kaputte Zelle geht dann zum Hersteller zurück, der diese dann im Second oder Third Life nochmal in Umlauf bringt.*

*Dragan: Entscheidender Vorteil einer solchen dezentralisierten, also zellenbasierten Datenspeicherung ist, dass sich die Batteriezellen einzeln austauschen und auswerten lassen. Somit bleiben wertbestimmende und herstellerabhängige Komponenten wie etwa das crashsichere Gehäuse oder Elektronikkomponenten erhalten. Im Sinne der Nachhaltigkeit muss nicht die ganze Batterie ausgewechselt werden, sondern nur die einzelne Zelle. Dadurch verringern sich beispielsweise die Recyclingkosten beachtlich.*

*Höhere Reichweite, längere Lebensdauer, mehr Sicherheit. Klingt nach einer super Sache. Diese Argumente müssten ausreichen, um das Interesse der Automobilindustrie zu wecken.*

*Brix: Die Automobilindustrie hält sich zum Thema Energiespeicher im Umfeld von Elektromobilität sehr bedeckt. Man muss erst einmal die Leute an einen Tisch bekommen und dann viel Überzeugungsarbeit leisten. Es handelt sich schließlich um eine Innovation, die vorhandene und etablierte Techniken komplett austauscht. Hinzu kommt, dass unser System auf den ersten Blick teurer und komplexer ist im Vergleich zu bestehenden Systemen. Das macht die Verständigung nicht einfacher.*

»Dass andere an unserem Patent gescheitert sind zeigt, dass wir auf dem richtigen Weg sind.« Jonathan Brix

*Pfeiffer: Ich würde es gern anders formulieren. Zum einen ist es bei Automobilherstellern und Automobilzulieferern so, dass man bei so einer Schlüsselkomponente die Technik gern im*

Haus entwickelt und das Know-how entsprechend bei sich behält, um das Gesamtsystem im Griff zu haben. Zum anderen ist es unter Umständen günstiger, alles selbst zu entwickeln, als dies einzukaufen, und dann die Möglichkeit zu haben, es noch weiter zu entwickeln. Wir vom Fraunhofer IPA bringen so ein System ja nicht zur Serienreife, sondern stellen einen Prototyp her, der dann von der Industrie seriell hergestellt wird.

*Klingt überzeugend und gleichzeitig herausfordernd.*

*Brix:* Wir beschäftigen uns seit 2009 mit dem Thema. In den vergangenen zwei Jahren haben wir festgestellt, dass sich auch andere intensiv damit auseinandersetzen. Es gibt diverse Veröffentlichungen, beispielsweise von Daimler und Bosch. Den Handshake mit der Industrie haben wir mehrfach versucht. Dieser hat leider nie stattgefunden. Man hält sich in diesem Umfeld sehr bedeckt. Das Interesse an unserem System ist zwar da. Einen Abnehmer konnten wir bis dato jedoch nicht finden. Dass wir auf dem richtigen Weg sind, merken wir daran, dass an unserem Patent auf die intelligente Zelle mittlerweile mehrere andere Patentanmeldungen gescheitert sind.

## »Das wäre dann das MP3 des IPA.«

Kai Pfeiffer

*Pfeiffer:* Wir haben ein skalierbares Batterie-Management-System entwickelt, das man sowohl im Smart als auch in der S-Klasse einsetzen kann. Und wir befinden uns mit der Batterie bei einer sehr wichtigen und teuren Komponente innerhalb des gesamten Automobils. Ähnlich wie bei einem Airbag-System würden die Zellen in millionenfacher Ausführung verbaut werden – und müssen sicher funktionieren. Hier kann man sich keine Fehler leisten.

*Dragan:* Ich glaube, dass es genauso wie bei Standardzellen für Laptops zukünftig Standardzellen für Autos geben wird. Und jeder Automobilhersteller kann alle anderen Komponenten so verbauen, wie er es bis dato macht, und sich damit vom Wettbewerb differenzieren.

*Allein in Deutschland gibt es pro Jahr zirka 3 Millionen Neuanmeldungen im Pkw-Bereich. Bei dieser Größenordnung wären Patent-Lizenz-Gebühren ein lukratives Geschäft. Mit wie viel verkauften Zellen kalkulieren Sie, wenn Ihr System auf den Markt kommen würde?*

*Pfeiffer:* Die Basisdenke bei Patenten ist immer: Welchen Anteil habe ich am Reingewinn des verkauften Produkts? Wir haben dafür einmal eine Beispielrechnung angestellt: Eine kWh Batterie kostet etwa 500 Euro. Wir gehen von einem Prozent Lizenzgebühr aus. Das entspricht bei einem Fahrzeug mit 20 kWh Batterie 100 Euro Lizenzentnahmen. Für einen Marktführer mit 30 Prozent Marktanteil bedeutet das bei dem von der Bundesregierung gesetzten Ziel, bis zum Jahr 2020 eine Millionen Elektrofahrzeuge auf deutschen Straßen fahren zu sehen, gut 30 Millionen Euro, die die Fraunhofer-Gesellschaft und das Fraunhofer IPA jährlich an Lizenzgebühren einnehmen würden. Ein lukratives Geschäft. Das wäre dann das MP3 des IPA.

*Brix:* Gehen wir wieder einen Schritt zurück. Aktuell sprechen wir nicht von verkauften Stückzahlen, sondern von Forschung und Entwicklung. Was wir zeigen können, ist ein Demonstrator, mehr nicht. Um das Ganze marktreif zu machen, brauchen wir strategische Partner an unserer Seite. Und das könnten ein Automobilhersteller, ein Zulieferer und ein Halbleiterunternehmen sein.

*Gibt es neben der Automobilindustrie auch andere Branchen, die an dem Thema arbeiten oder sich für diese Technologie interessieren?*

*Brix:* Die Automobilindustrie ist klar die Branche Nummer eins. Das ist ein großer Absatzmarkt, da wollen wir auch hin. Als Einstieg für unser System können wir uns aber durchaus auch andere Märkte vorstellen, beispielweise die Photovoltaik-Branche. Hier sprechen wir von stationären Energiespeichersystemen, von Puffer-Batterien, von Smart Grid oder Micro Smart Grid.

*Dragan:* Unser System lässt sich problemlos auf jede Art von Energiespeicher übertragen. Aktuell sind wir mit einer Firma im Gespräch, die Bleibatterien für stationäre Anwendungen herstellt. Diese sagt: Wir haben das Problem, dass wir viele Rückläufer erhalten, aber nicht wissen, wo genau der Fehler liegt. Man geht grundsätzlich davon aus, dass das System falsch bedient wurde. Aber einen Beweis dafür gibt es nicht. Eine intelligente Zelle könnte dabei helfen. Sie stellt einen auslesbaren Fehlerspeicher bereit und bietet die Möglichkeit, die Fehlerursache zu finden.

*Ihre intelligente Energiezelle passt zum »Silicon Valley Spirit«. Liegt der kalifornische Landstrich demnächst auf Ihrer Reiseroute?*

*Brix:* Ich glaube tatsächlich, dass man die Kalifornier dafür begeistern könnte. Die Sache ist nur, dass wir zwar die Technologie haben, aber kein Business Model dahinter. Und die Denke in Amerika fußt nun mal auf Business Models.

*Dragan:* Der Tesla-Manager Elon Musk hat diesen Sommer bekannt gegeben, in der Wüste von Nevada die weltgrößte Batteriefabrik, die Gigafactory, zu bauen. Experten gehen davon aus, dass er damit starken Einfluss auf den weltweiten Batterieabsatz haben wird. Dort werden dann Batterien für Autos, Haushalt und sonstige Schnittstellen hergestellt.

*Pfeiffer:* Das Problem ist die Einkaufsmentalität. Da muss man genau aufpassen. Wenn man sich beispielsweise Google anschaut: Die kaufen keine Forschungsleistungen ein, die kaufen Firmen. Sprich die kaufen die gesamte Wertschöpfungskette. Technologie, Know-how, Fertigung, Vertriebskanäle, alles. Eine halbe Million Dollar Forschungsbudget für Institute wie das Fraunhofer IPA steht nicht auf deren Agenda.

*Also doch in Europa bleiben?*

*Brix:* In jedem Fall. Ein gutes Beispiel dafür ist das EU-Projekt 3Ccar, das kürzlich unter dem Dach von »Next level of Electromobility« gestartet ist. Wir sind in der Supply Chain 1, die sich mit dem Smart Battery Module auseinandersetzt, und arbeiten dort mit dem Fraunhofer IISB in Erlangen zusammen, das sich auch mit dem Thema Batterie-Management-Systeme beschäftigt. Für uns ist das Teil-Projekt ideal, denn es beschäftigt sich mit der zweiten Säule unserer intelligenten Zelle: der Powerline-Kommunikation.

*Wer macht bei dem Projekt alles mit?*

*Dragan:* Es gibt insgesamt 50 Partner, unter anderem Daimler, Siemens, Infineon und BMW. Das Projektvolumen liegt bei etwa 55 Millionen Euro bei einer Laufzeit von drei Jahren. Beim Fraunhofer IPA landen am Ende des Tages 150 000 Euro. Für uns ist das Projekt dann zu Ende, wenn wir einen vorzeigbaren Demonstrator haben.

**»Wie bei Standardzellen für Laptopbatterien wird es Standardzellen für Autos geben.«** Mihai Dragan

*Das hört sich auch nach einem strategischen Benefit fürs Fraunhofer IPA an.*

*Pfeiffer:* Im Verbund des Konsortiums, bei dem Entscheider und Entwicklungsleute an einem Tisch sitzen, muss ganz klar werden: Das Fraunhofer IPA bietet das aktuell innovativste Konzept zur Powerline-Kommunikation an, um die Probleme der Batterie der Zukunft in den Griff zu bekommen. Für uns liegt der Benefit darin, unseren Standpunkt zu festigen, unsere Kompetenzen weiter auszubauen und das Projekt als Netzwerkplattform zu nutzen.

*Was möchten Sie der Industrie als Schlusswort mit auf den Weg geben?*

*Brix:* Offen über neueste Entwicklungen zu diskutieren, sich inspirieren zu lassen und zu sagen: Das probieren wir jetzt aus!

*Dragan:* Der technologische Mehrwert sollte mehr in den Vordergrund rücken. Unternehmen und Forschungsinstitute sollten an einem Strang ziehen. Schließlich geht es darum, das bestmögliche Ergebnis zu erhalten und es an die Kunden weiterzugeben. ■



### Kontakt

Mihai Dragan | Telefon +49 711 970-1706  
mihai.dragan@ipa.fraunhofer.de

Dr.-Ing. Jonathan Brix | Telefon +49 711 970-1582  
jonathan.brix@ipa.fraunhofer.de

Dr.-Ing. Kai Pfeiffer | Telefon +49 711 970-1226  
kai.pfeiffer@ipa.fraunhofer.de



# Mit Ultraschall Papier schneiden

Verfahren zum Schneiden gesammelter Blattstapel sind technologisch sehr weit ausgereift. Qualitätsmängel treten aber immer noch beim Trennen gebundener Lagen, die mit einem Umschlag versehen sind, auf. Insbesondere beim ersten Eintauchen der Schneide in die gebundene Lage wirken kurzzeitig sehr große Kräfte auf die Schneide und das Papier. Die Folge: drängt das Papier die Schneide beim Schnitt zur Seite oder nach vorne, sind die unteren Papierlagen kürzer bzw. länger als die oberen. Es kommt zum Unter- bzw. Überschnitt. Umgekehrt kann das Papier durch die Schneide vor dem Eindringen deformiert werden. Die oberen Bögen werden nach unten gebogen und springen nach dem Schneiden vor. Sie fallen beim sogenannten Pilzschnitt dann länger aus. In der Praxis überlagern sich diese Schneidfehler häufig. Einen vielversprechenden Lösungsansatz bietet bei Schneidprozessen von mehrlagigen Papierschichten die Anwendung von Ultraschalltechnologien. Mit Ultraschall in Schwingung versetzte Messer schneiden mit geringeren Kräften, weshalb sie deutlich schlanker ausfallen und damit weniger Verdrängung bewirken. In einem Kooperationsprojekt im Rahmen der »AiF Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen ›Otto von Guericke‹ e. V.« hat das Fraunhofer IPA gemeinsam mit der Firma bielomatik GmbH aus Neuffen Ultraschalltechnologie genutzt, um die Basis für ein kontinuierliches Schneidverfahren zu entwickeln.

## Einsatz von ultraschallunterstütztem Schneiden

»Das zugrundeliegende Prinzip beim Schneiden mit ultraschallangeregten Werkzeugen beruht auf der Erzeugung hochfrequenter elektrischer Wechselspannungen und deren Umwandlung in mechanische Schwingungen durch sogenannte Energiewandler, die nach dem reziproken piezoelektrischen Prinzip arbeiten«, erklärt Frank Eicher aus der Abteilung Bild- und Signalverarbeitung am Fraunhofer IPA. Ultraschallsysteme werden in Resonanz betrieben, was eine sehr präzise Abstimmung des Ultraschallgenerators auf das angeschlossene Schwingungssystem erfordert. Dieses besteht aus einem Schallwandler, auch Konverter genannt, und dem Schneidwerkzeug, das durch Einleiten des Ultraschalls in Resonanzschwingung ver-

setzt wird. Insbesondere an das Schwingungsverhalten dieser sogenannten Schneidsonotrode werden höchste Ansprüche gestellt. Mit modernster Regelungstechnik können heutzutage Werkzeuge mit Ultraschallschwingungen so angeregt werden, dass diese kontrolliert und nutzbringend in ihrer Eigenfrequenz schwingen.

## Erste Versuchsanlage

Eine Versuchsanlage wurde konzipiert und das auf den Anwendungsfall ausgelegte Schwingssystem in diese integriert. Eine leichte Schrägstellung der Papierlagen simulierte einen sogenannten Scherschnitt. Dabei gestalteten die Projektpartner den Aufbau der Anlage so, dass ein Schneiden mit bzw. ohne Ultraschallunterstützung möglich war. Dies vereinfachte den direkten Vergleich der Schnittkräfte. »Durch den Einsatz von Ultraschall ließen sich die Prozesskräfte um bis zu 50 Prozent während des Schneidvorgangs verringern, was zu einer Reduktion der Materialbelastung im Schnittbereich führte«, resümierte Frank Eicher. Das heißt die Belastung auf das Schneidmesser bzw. die -sonotrode wird verringert und die Standzeiten erhöht. Außerdem vermindern die niedrigeren Prozesskräfte den Aufwand zur Fixierung des Schneidguts entscheidend. Das alles wirke sich positiv auf die Schnittqualität, aber auch auf die Betriebskosten aus. In einem nächsten Schritt soll der Versuchsaufbau auf ein reines Ultraschallschneidsystem optimiert werden, um das volle Potenzial des Ultraschalls auszunutzen. Und genau hier möchte der Ingenieur im Rahmen eines weiteren geförderten Projekts gemeinsam mit interessierten Unternehmen ansetzen. ■

Weitere Informationen:

[www.aif.de/innovationsfoerderung](http://www.aif.de/innovationsfoerderung)

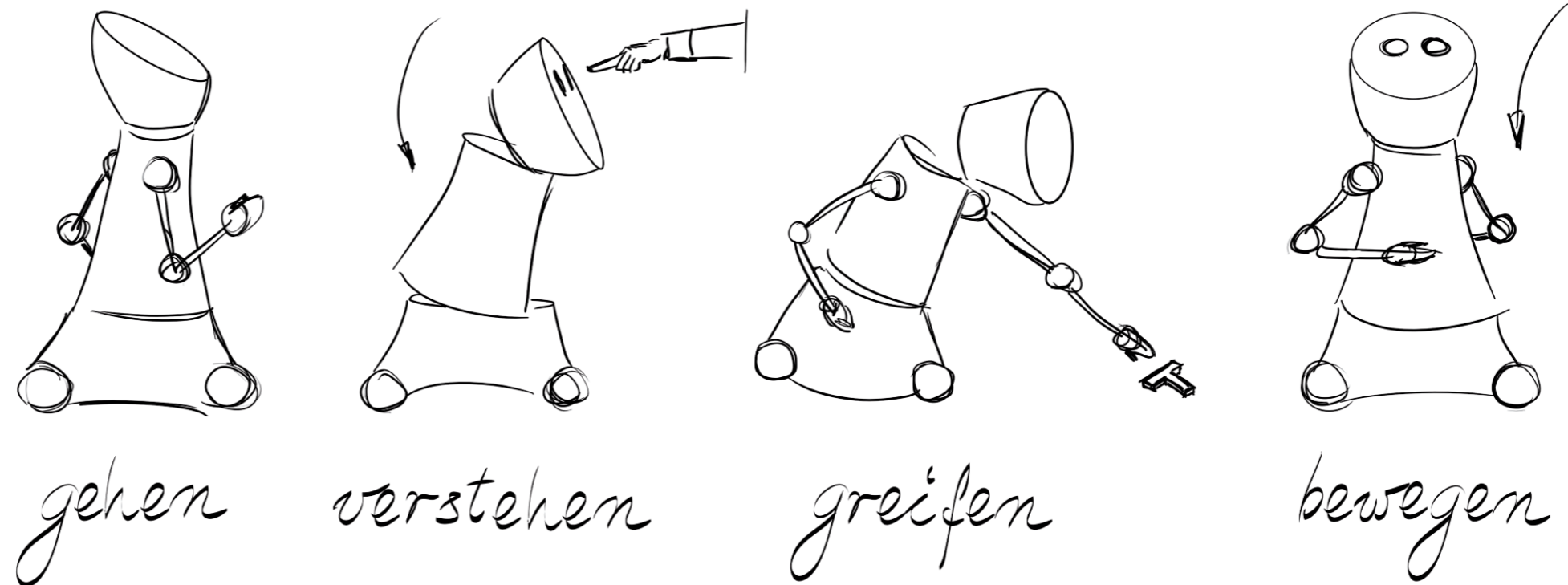
## Kontakt

Frank Eicher

Telefon +49 711 970-3543

[frank.eicher@ipa.fraunhofer.de](mailto:frank.eicher@ipa.fraunhofer.de)

# »Wir wollten einen charmanten Roboter gestalten«



Quelle: Phoenix Design



Quelle: Phoenix Design

## Andreas Haug

gründete 1987 das Studio Phoenix Design, das heute rund 60 Mitarbeiter beschäftigt.

Wo der Care-O-bot® 4 auftaucht, begegnen ihm die Menschen mit Neugier und Interesse. Einen bedeutenden Anteil daran hat sein ansprechendes Design, das mit dem begehrten RedDot Design Award in der Kategorie »best of the best« ausgezeichnet wurde. Darauf sind nicht nur die Entwickler um Projektleiter Dr. Ulrich Reiser stolz, die den Roboter zusammen mit der Firma Schunk entwickelt haben. Auch für das Stuttgarter Design Studio Phoenix Design, das den Serviceroboter gemeinsam mit dem Fraunhofer IPA gestaltet hat, ist die Auszeichnung eine hohe Anerkennung. Geschäftsführer Andreas Haug gewährt einen Blick hinter die Kulissen und spricht mit Interaktiv über das Aussehen des Care-O-bot®, das Besondere an der Zusammenarbeit mit einer Forschungseinrichtung und die Bedeutung des Designs für technische Produkte.

Herr Haug, die Gestaltung des Care-O-bot® 4 ist sehr charakteristisch und individuell. Wie würden Sie die wichtigsten Designmerkmale des Serviceroboters beschreiben?

Haug: Wir wollten dem Serviceroboter durch sein Aussehen ein »Wesen« geben und ihn sympathisch erscheinen lassen. Er sollte eine integrative, smarte Gestaltung haben, die den maschinellen Charakter verhüllt. Gleichzeitig muss das Design die späteren Aufgaben des Roboters berücksichtigen und zum Beispiel seine Beweglichkeit ermöglichen. Wir haben explizit keine humanoide Gestaltung gewählt, um keine falschen Erwartungen zu wecken. Das geschaffene Design vermittelt dem Anwender selbsterklärend, was der Roboter leisten kann. So entsteht Vertrauen in die Technik. Die »Augen« auf dem Touchscreen dienen als Hingucker und vermitteln, was im Roboter vorgeht. Gleichzeitig lässt sich die Bedienoberfläche für verschiedenste Anwendungen ausgestalten. Die gesamte Form des Roboters ist sehr geschlossen und kompakt und erst in der Bewegung lösen sich einzelne Teile heraus.

Sicher entwerfen Sie üblicherweise nicht das Design von Robotern. Was waren für Sie und Ihr Team die besonderen Herausforderungen bei diesem Projekt?

Haug: Geräte und Maschinen zu designen ist unsere Haupttätigkeit. Deshalb passt der Care-O-bot® sehr gut in unser Portfolio. Anders allerdings als bei vielen unserer sonstigen Projekte gab es für ihn kaum Vorgaben, keine Vorbilder und kein produkttypisches Design, von dem wir nur bedingt hätten abweichen dürfen. Die größte Herausforderung war deshalb, ein ganz neues Design und Verständnis zu schaffen. Wir sagen dazu Archetyp. Dieser Archetyp muss der Hersteller- und Anwenderseite gerecht werden. Das Aussehen sollte einerseits für Aufmerksamkeit sorgen. Gleichzeitig sollten die Nutzer nicht über- oder unterfordert werden und alle Anwendungsszenarien realisierbar sein. Entscheidend war für uns deshalb die Zieldefinition im Projekt: Wir wollten einen Roboter »mit Manieren« kreieren, einen freundlichen, zuvorkommenden Helfer, der nicht murrte und dem Nutzer alles Lästige abnehmen kann. Aus diesem Ziel heraus sind dann bestimmte

Vorgaben entstanden wie zum Beispiel die Größe des Roboters: Er sollte im Sitzen und Stehen bedienbar sein und sowohl den Boden als auch Regale erreichen können. Aus ursprünglich drei völlig unterschiedlichen Konzepten hat sich das aktuelle rauskristallisiert, weil es für die Ansprüche am besten geeignet ist.

*Was hat Sie für die Zusammenarbeit mit den Wissenschaftlern motiviert und wie haben Sie diese empfunden?*

**Haug:** Für uns war es das erste Mal, dass wir mit einer Forschungseinrichtung zusammengearbeitet haben. Dies war toll für uns, weil die Wissenschaftler sehr innovativ denken können und sehr offen für neue Ideen auch abseits der gängigen Pfade sind. In der Industrie liegt der Fokus selbstverständlich auf dem Tagesgeschäft und das Endprodukt muss am Ende in Serie produzierbar sein. Deshalb bleibt weniger Zeit für das »Experimentieren«, was wiederum beim Care-O-bot®, der als Forschungsplattform konzipiert ist, möglich war. Abgesehen davon arbeiten wir in den meisten Projekten eher »linear« zusammen, das heißt wir und der Industriepartner erfüllen nacheinander Teilaufgaben. Beim Care-O-bot® haben wir mehrheitlich parallel, sehr eng und interdisziplinär zusammengearbeitet, sodass wir mit gemeinsamem »spirit« die Entwicklung weitergebracht haben.

*Wie können sich unsere Leser die Arbeitsabläufe vorstellen, bis eine Komponente fertig entworfen ist?*

**Haug:** Anders als das Image des Designers vielleicht vermuten lässt, besteht die Designentwicklung aus sehr vielen Fortentwicklungen in kleinen Schritten. Am Anfang recherchieren wir, was der Hersteller wünscht und welche Anforderungen von Nutzerseite wichtig sind. Aus dieser ersten Analyse leiten wir eine Strategie oder auch das Ziel ab, wo wir hin möchten. Beim Care-O-bot® war es die Idee des elektronischen »Gentleman«, die wir weiterverfolgen wollten. Dann arbeiten unsere Designer mit Kreativitätstechniken, erstellen Zeichnungen und Skizzen, überlegen sich die wesentlichen Grundformen, aus denen der Roboter bestehen soll. Wir bewerten die entstandenen Konzepte und verfolgen eines oder zwei weiter. Hierfür bauen wir Modelle aus einem speziellen Schaumstoff im Verhältnis 1:4 und feilen, schmirgeln und bürsten sie, bis sie unsere Idee am besten widerspiegeln. Diese Modelle erhalten die Wissenschaftler, um zu klären, ob die Technik in diese Form passt. Wenn dies grundsätzlich möglich scheint, entsteht ein erstes Modell in Originalgröße. Mit den spezifischen Maßen können die Wissenschaftler genauer arbeiten und wir passen



*Im Serviceroboter sind patentierte Kugelgelenke verbaut, die ihm das Beugen und Bücken ermöglichen.*

*Quelle: Phoenix Design*

es bei Bedarf an. Auch die Oberflächen, Farben, Materialien und Details des Roboters bestimmen wir jetzt. Wenn die Tests gut verlaufen, erstellen wir die Komponenten selbst oder lassen sie durch andere Betriebe fertigen, wie in diesem Fall zum Beispiel die »Hülle« des Roboters aus glasfaserverstärktem Kunststoff.

*Welche Rolle spielt Ihrer Meinung nach ein ansprechendes Design für technische Produkte?*

**Haug:** Ein ansprechendes Design ist essenziell und erfüllt ganz unterschiedliche Funktionen. Zunächst soll es direkt beim Kunden wirken, indem es sein Vertrauen in die Technik und das Verständnis für sie stärkt sowie ihre Leistungsfähigkeit und Zuverlässigkeit betont. Das Design beispielsweise einer digitalen Oberfläche sollte so gestaltet sein, dass alle Nutzer sie intuitiv bedienen können und nicht nur Experten. Der Kunde sollte auch stolz auf das Produkt sein. Von Herstellerseite ist natürlich die Wiedererkennbarkeit einer Marke wichtig. Für jedes Produkt müssen wir so viel wie möglich über das Produkt selbst, die Nutzer und das Umfeld wissen, um das Design bestmöglich darauf abzustimmen. Deshalb führen wir Marktforschungen durch, um zu erfahren, was auf Akzeptanz stößt und was nicht. Wir machen Vorher-/Nachher-Untersuchungen und prüfen, ob das Umfeld eher modern oder traditionell ist. Das Design eines Produkts ist dann gelungen, wenn es vom Hersteller und von den Nutzern weder als zu langweilig noch als zu weitgehend bewertet wird. Gutes Design erzeugt positiven Sinn und Zugang zu Produkten. Wir bei Phoenix Design verstehen es als Dienstleistung, mit der wir vielen Interessen gerecht werden möchten.

*Wie schätzen Sie die Nutzeranforderungen ein, wenn es um zukünftige Serviceroboter-Produkte geht?*

**Haug:** Ich gehe davon aus, dass sich die Robotik in den nächsten Jahren stark wandeln wird. Im industriellen Umfeld werden Roboter den Menschen zunehmend bei schwerer Arbeit unterstützen, weil immer weniger Menschen diese machen können oder wollen. Im Gesundheitswesen wird es darum gehen, das überforderte Personal zu entlasten und lästige Arbeiten an automatische Systeme abgeben zu können. Serviceroboter können hier physisch und informatorisch unterstützen und so auch dazu beitragen, dass weniger Fehler passieren. Als drittes großes Einsatzgebiet sehe ich private Haushalte. Dort gibt es viele wiederkehrende und unbeliebte Tätigkeiten, die wir alle gerne abgeben würden. All diese neuen oder sich vergrößernden Einsatzgebiete erfordern eine direkte Interaktion des Nutzers mit der Maschine, die wir mit entsprechendem Design unterstützen können. Und letztlich stellen sich auch ganz praktische Fragen: Wo werden wir Roboter aufbewahren, wenn wir sie gerade nicht nutzen? Wie laden wir sie auf? Können wir sie möglicherweise recyceln, wenn sie kaputtgegangen sind? Hierauf müssen Entwickler und Designer gleichermaßen Antworten finden, um den Kunden für das Produkt zu begeistern. ■

## Dr.-Ing. Ulrich Reiser

leitet die Gruppe Software Engineering und Systemintegration in der Abteilung Roboter- und Assistenzsysteme am Fraunhofer IPA. Telefon +49 711 970-1330 | [ulrich.reiser@ipa.fraunhofer.de](mailto:ulrich.reiser@ipa.fraunhofer.de)



# Leichtmetalloberflächen im Zeitalter des Leichtbaus

Anodisierte Leichtmetalle – allen voran Aluminium – finden sich im Alltag überall: »Man kann kaum einen Gegenstand aus Aluminium in die Hand nehmen, der nicht anodisiert wurde«, erklärt Klaus Schmid, Gruppenleiter in der Abteilung Galvanotechnik am Fraunhofer IPA. Als Beispiele nennt er iPhones, Laptops, Kaffeemaschinen oder Aktenkoffer. Auch in industriellen Produktionen ist das Verfahren längst nicht mehr wegzudenken. So werden eine Vielzahl von Bauteilen in der Luft- und Raumfahrttechnik, dem Maschinen- und Anlagenbau und der Automobilindustrie aus anodisiertem Aluminium verwendet. Weiterhin kommt in der Medizintechnik und der Luft- und Raumfahrttechnik anodisiertes Titan zum Einsatz, beispielsweise bei medizinischen Schrauben oder Prothesen.

**»Unsere Idee lautet: weniger Wärmeeintrag, weniger Kühlung.«**

Schmid schreibt der Optimierung des Anodisierens in Zukunft einen hohen wirtschaftlichen Stellenwert zu: »Einerseits sind Leichtbaustoffe in vielen Branchen zu einem wichtigen Schlüsselement herangewachsen. Andererseits ist es für Unternehmen heute ein entscheidendes Wettbewerbskriterium, energieeffizient zu produzieren.« Der Gruppenleiter ist zuversichtlich, mit seinem Team Firmen aus dem Bereich Oberflächenbehandlung von Leichtmetallen zu einer besseren Energieausbeute beim Anodisieren und zu Schichten mit optimierten Eigenschaften zu verhelfen. »Bei unseren Untersuchungen behalten wir verschiedene Parameter gleichermaßen im Auge, beispielsweise die gezielte Schichtentwicklung oder die Erweiterungsmöglichkeiten der Verfahren«, so Schmid. Diese Arbeitsweise ermöglicht es dem Team, individuelle Anforderungen zu bedienen und sowohl kleine Beschichtungsunternehmen als auch große Inhousebeschichter zu unterstützen.

## Energieverbrauch der Hartanodisation gesenkt

Im Rahmen eines öffentlichen Forschungsprojekts ist es den IPA-Wissenschaftlern gelungen, den Energieverbrauch des Anodisierverfahrens ihres Partnerunternehmens um 40 Prozent zu senken. Dabei haben die Galvanotechnik-Experten die herkömmliche Technik erweitert. »Unsere Idee lautet: weniger Wärmeeintrag, weniger Kühlung«, erklärt der Gruppenleiter. Dazu muss man wissen, dass das Anodisieren zu einem der energieintensivsten Verfahren der Galvanotechnik gehört. Beim Anodisieren wird das Bauteil unter Strom gesetzt. Dabei findet eine Reaktion statt, die das Metall an der Oberfläche in eine harte und stabile Oxidschicht umwandelt. Bei dieser Reaktion entsteht sehr viel Wärme, die mit Hilfe von Kühlmaschinen abgeführt werden muss. Um das Prinzip »weniger Wärmeeintrag, weniger Kühlung« umzusetzen, haben die Wissenschaftler anstelle des herkömmlichen Gleichstroms mit der Pulsanodisation gearbeitet. Dabei wird wesentlich weniger Energie zugeführt als bei konventionellen Verfahren. Weiterhin erlaubt die Methode, energieeffiziente Kühltechniken einzusetzen. Insbesondere bei der Hartanodisierung, die eine besonders starke Kühlung der Elektrolyte erfordert, könne so noch mehr Energie eingespart werden, freut sich Schmid.

## Die Entwicklung geht weiter

»Die Entwicklungsmöglichkeiten der Anodisierverfahren sind noch lange nicht ausgeschöpft«, ist sich Schmid sicher. Sein interdisziplinäres Team, bestehend aus Werkstoffwissenschaftlern, Ingenieuren und Chemikern, ist bestens für künftige Herausforderungen gerüstet. So haben die Wissenschaftler eine Methode entwickelt, die kritische Temperaturentwicklung an einer Probenoberfläche in Echtzeit zu ermitteln. Diese zusätzlich gewonnenen Daten ermöglichen die gezielte Optimierung der Verfahren und erlauben Einblicke in die Wirkzusammenhänge, die vorher nicht möglich waren. ■

## Kontakt

Klaus Schmid  
Telefon +49 711 970-1760 | klaus.schmid@ipa.fraunhofer.de

## Vorschau Interaktiv 1|2016

### ARENA2036: Produktionssysteme wandlungsfähig machen

Der Forschungscampus »ARENA2036« entwickelt revolutionäre Produktionsmodelle für das Automobil der Zukunft. Während heute die Herstellung des Automobils am Band getaktet und fest verkettet ist, wird es morgen entkoppelte, wandlungsfähige und hochintegrierte Produktionssysteme geben, die es erlauben, jeder Fahrzeugvariante den optimalen Fabrikdurchlauf zukommen zu lassen. Im Rahmen der ersten Projektphase wurde hierfür am Fraunhofer IPA ein Montage-Modul entwickelt, das diese Anforderungen einer »wandlungsfähigen Produktion« erfüllt: Mensch und Roboter arbeiten entsprechend ihren Fähigkeiten zusammen. Dank mobiler Komponenten ist die Montagestation an aktuelle Bedarfe anpassbar. Außerdem erarbeiten die Wissenschaftler Methoden, die die Wandlungsfähigkeit von Produktionssystemen für Unternehmen messbar machen. Hierfür wurde insbesondere eine App zur Bewertung der Wandlungsfähigkeit entwickelt.

## Impressum

### interaktiv 3|2015 | 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, Fred Nemitz, Christine Sikora (Bild und Produktion), Dr. Birgit Spaeth, Dr. Karin Röhrich, Jörg-Dieter Walz (Chefredaktion)

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

**Titelbild, Fotos:** Rainer Bez, Fraunhofer IPA

**Druck:** Wahl-Druck GmbH

#### Bestellservice:

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



