

# Jahresbericht 2014



**FRAUNHOFER IPA  
JAHRESBERICHT 2014**



## **NACHHALTIGE PERSONALISIERTE PRODUKTE WIRTSCHAFTLICH FERTIGEN**

Mass Sustainability und Mass Personalization sind zwei Begriffe, von denen wir uns wünschen, dass unsere Kunden sie sich merken. Sie werden die Arbeit am Fraunhofer IPA nämlich in den nächsten Jahren maßgeblich prägen. Die Entkopplung von Ressourcenverbrauch und Wohlstand ist das Gebot der Stunde. Jetzt lautet die Frage: Wie müssen die dafür notwendigen ultraeffizienten Wertschöpfungssysteme aussehen? Unsere Vision der massentauglichen Nachhaltigkeit geht dahin, dass alle Produktionsfaktoren im Wertschöpfungssystem in Produkte fließen und dass alle Produkte im Wertschöpfungssystem bleiben. Im Rahmen der Massenpersonalisierung löst sich die wirtschaftliche Logik der Skaleneffekte auf, denn in einer smarten cyberphysischen Produktion werden personalisierte Güter zum Serienpreis gefertigt.

Alle Produkte sollen im Wertschöpfungssystem zur Befriedigung der persönlichen Bedürfnisse der Kunden entstehen. Jeder Kunde ist dann Teil des Wertschöpfungssystems, in dem er an der Gestaltung seines Produkts aktiv mitwirkt, vielleicht sogar selbst Hand anlegt.

Die stark steigende Individualisierung wird viele Branchen betreffen. Am Fraunhofer IPA adressieren wir neben den Produktionsthemen insbesondere eine nachhaltige Mobilität als personalisierten Service, eine personalisierte und bezahlbare Medizin(-technik) unter Betrachtung des Gesamtlebenszyklus. Davon versprechen wir uns vollkommen neue Wertschöpfungsmodelle für Deutschland und andere gesättigte Märkte.

Am Fraunhofer IPA sind bereits zahlreiche entsprechende Leuchtturmprojekte in der Umsetzung oder konkret in Planung – mit zugesagter Finanzierung: die Ultraeffizienzfabrik, FastStorageBW, das Zentrum für Leichtbau und das Zentrum für smarte Materialien, die ARENA2036, das Applikationszentrum Industrie 4.0 und der Campus für Personalisierte Produktion.

Am Fraunhofer IPA wollen wir die Entwicklung von der konfigurationsorientierten Mass Customization zum personalisierten Serienprodukt massiv vorantreiben. Personalisierte Produkte entstehen in innovativen, smarten, wandlungsfähigen Fabriken mit flexiblen Produktionsverfahren. Die Geschäftsmodelle, mit denen sie vertrieben werden, sind vollkommen neu. Wir haben uns in all diesen Bereichen hervorragend aufgestellt.

Die Fähigkeit, Stückzahl 1 wirtschaftlich zu produzieren, ist ein globaler Wettbewerbsvorteil. Mit den damit verbundenen neuen Technologien und Dienstleistungen werden Arbeitsplätze entstehen. Wir am Fraunhofer IPA sind von einer personalisierten Produktion überzeugt. Sie ist Garant für Wohlstand in Baden-Württemberg und darüber hinaus. Dass diese Vision Wirklichkeit wird, dafür setzen wir uns in den nächsten Jahren ein.



Prof. Dr.-Ing. Thomas Bauernhansl



# INHALTSVERZEICHNIS

Editorial	5	Abteilung Laborautomatisierung und Bioproduktionstechnik	18	Fraunhofer-Projektgruppe für Automatisierung in der Medizin und Biotechnologie PAMB	23
Jahresrückblick	8				
Das Institut in Zahlen	10	Abteilung Reinst- und Mikroproduktion	18	Fraunhofer-Projektgruppe Regenerative Produktion	24
Organigramm	11				
Kuratorium	12	Abteilung Bild- und Signalverarbeitung	19	Institut für Energieeffizienz in der Produktion (EEP)	24
Abteilung Nachhaltige Produktion und Qualität	14	Abteilung Funktionale Materialien	19	Institut für Industrielle Fertigung und Fabrikbetrieb (IFF)	25
Abteilung Fabrikplanung und Produktionsoptimierung	14	Abteilung Leichtbautechnologien	20	Institut für Steuerungstechnik der Werkzeugmaschinen und Fertigungseinrichtungen (ISW)	25
Abteilung Auftragsmanagement und Wertschöpfungsnetze	15	Kompetenzzentrum digiTools für die Produktion	20	Geschäftsfeld Automotive	26
Abteilung Beschichtungssystem- und Lackiertechnik	15	Stuttgarter Produktionsakademie	21	Geschäftsfeld Maschinen- und Anlagenbau	32
Abteilung Galvanotechnik	16	Fraunhofer-Anwendungs- zentrum Großstrukturen in der Produktionstechnik AGP	21	Geschäftsfeld Elektronik und Mikrosystem- technik	38
Abteilung Steuerungs- und Antriebstechnik	16	Fraunhofer Austria Research GmbH	22	Geschäftsfeld Energiewirtschaft	44
Abteilung Roboter- und Assistenzsysteme	17	Produktionsmanagement und Informatik PMI	22	Geschäftsfeld Medizin- und Biotechnik	50
Abteilung Biomechatronische Systeme	17	Fraunhofer Project Center for Electroactive Polymers at AIST Kansai	23	Weiterführende Informationen	56
				Impressum	57





1



2



3



4



5

Quelle: University of Auckland – Gottfried Boehnke

# JAHRESRÜCKBLICK

Es ist bewährte Tradition, dass exzellente Stuttgarter Institutsleiter und Professoren irgendwann nach München in die oberste Führungsebene der Fraunhofer-Gesellschaft wechseln – siehe Hans-Jürgen Warnecke und Hans-Jörg Bullinger. Zum 1. April wurde nun auch Professor Alexander Verl berufen: als Vorstand Technologiemarketing und Geschäftsmodelle, um dieses neu geschaffene Ressort voranzutreiben.

Industrie 4.0 ist in aller Munde. Worin der klare Nutzen liegt und worauf es ankommt, hat IPA-Institutsleiter Professor Thomas Bauernhansl gemeinsam mit Professorin Birgit Vogel-Heuser von der TU München und Professor Michael ten Hompel von der TU Dortmund im Buch »Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik« zusammengetragen und im Rahmen der Hannover Messe vom 7. bis 11. April erstmals präsentiert. (Bild 1)

Das Fraunhofer IPA beschäftigte sich auch im Jahr 2014 mit Themen, die zu den Schwerpunkten der Hannover Messe gehörten. Unter anderem ging es um die Entwicklung neuartiger Hochleistungs- und Hochenergiespeicherezellen, um Service-roboter für die gewerbliche Reinigung, um Assistenzsysteme für die Produktion mit körpergetragener Kraftunterstützung und um die praxisnahe Umsetzung von Industrie 4.0.

Zweimal im Jahr verleiht die Alexander-von-Humboldt-Stiftung gemeinsam mit der Fraunhofer-Gesellschaft den Fraunhofer-Bessel-Forschungspreis. Die Auszeichnung prämiiert Wissenschaftler außerhalb Europas für exzellente Leistungen im Bereich der angewandten Forschung. 2014 erhielt der Associate Professor Leo K. Cheng vom Bioengineering Institute der University of Auckland in Neuseeland die begehrte Auszeichnung. Er ist für insgesamt neun Monate am Fraunhofer IPA in Stuttgart. (Bild 3)

Der kooperative Forschungscampus »ARENA2036« forscht an der Zukunft des Automobils. Ziel ist es, neuartige ressourcen-

effiziente und wettbewerbsfähige Produktionsmodelle zu entwickeln und zu erproben. Am 3. Juni luden die beteiligten Akteure zu einer ersten Präsentation. Neben 150 hochrangigen Gästen aus Wissenschaft, Wirtschaft und Politik nahm Baden-Württembergs Ministerpräsident Winfried Kretschmann an der Veranstaltung teil.

Auf der Automatica 2014, der weltgrößten Messe für Robotik, Montageanlagen und industrielle Bildverarbeitungssysteme, zeigte das Fraunhofer IPA vom 3. bis 6. Juni nicht nur Exponate wie die sensorgeführte Montage per Mensch-Roboter-Interaktion, Seilroboter für die Intralogistik oder den lernfähigen Produktionsassistenten zur Teilautomatisierung von Kleinserienfertigungen. Vielmehr führte das IPA in Verbindung mit dem 45. International Symposium on Robotics (ISR) gleichzeitig die größte Robotik-Konferenz in Deutschland durch und koordinierte darüber hinaus die EU-Initiative SMERobotics auf der Messe.

Neuartige Impulse erhält die Robotik durch die Nutzung biologisch inspirierter Technologien: Statt auf steife wird vermehrt auf weiche, nachgiebige und organische Strukturen, sogenannte »Soft Robotics« gesetzt. Am 24. Juni trafen sich am Fraunhofer IPA erstmals über 100 internationale Vertreter aus Wissenschaft, Forschung und Industrie, um über die Einsatzgebiete und Potenziale dieser vergleichsweise jungen Disziplin zu diskutieren.

Der Einladung zum zweiten Effizienz-Gipfel des EEP am 1. Juli im Stuttgarter Porschemuseum folgten etwa 100 persönlich geladene Entscheider aus Wirtschaft und Politik. Neben Industrievertretern von Bosch und Siemens sprachen Experten aus Wissenschaft, Politik und Verbänden zum Thema Energieeffizienz. Thomas Bauernhansl, damaliger Leiter des EEP und Leiter des Fraunhofer IPA, präsentierte die Ergebnisse des zweiten Energieeffizienz-Index für die deutsche Industrie, den das EEP halbjährlich herausbringt, und stellte die »Ultraeffizienzfabrik« vor.

Dr. Michael Hilt heißt der neue Präsident der europaweiten Föderation von Technikerverbänden der Farben- und Lackierindustrie, FATIPEC (Federation of Associations of Technicians for Industry of Paints in European Countries). Der IPA-Abteilungsleiter »Beschichtungssystem- und Lackiertechnik« wurde am 5. September während des European Technical Coating Congress in Köln für 3 Jahre gewählt. Die FATIPEC verfolgt das Ziel, die Zusammenarbeit aller wissenschaftlich-technischen Organisationen auf dem Gebiet der Lackchemie und der Lacktechnik zu fördern.

Eine Ehrenmedaille des Vereins Deutscher Ingenieure (VDI) erhielt Udo Gommel auf der Jahrestagung der VDI-Gesellschaft am 26. September in Bamberg. Gewürdigt wurden seine nationalen und internationalen Verdienste um die Reinraumtechnik. Insbesondere zur Weiterentwicklung der Richtlinienreihe VDI 2083 »Reinraumtechnik« hat der Leiter der Abteilung Reinst- und Mikroproduktion wesentliche Beiträge geleistet. Im Rahmen von VDI 2083 werden die besonderen Anforderungen an die Reinheit der Raumluft, des Arbeitsplatzes (Oberflächen, Maschinen, Werkzeuge), der Prozessmedien (Gase, Flüssigkeiten, Chemikalien) sowie der Personen in verschiedenen Bereichen der Technik (z. B. Halbleitertechnologie, Pharmazie, Lebensmittelindustrie, Feinmechanik, Optik, Raumfahrt und Medizin) festgelegt.

»Große Firmen wie Festo, KUKA, Hewlett-Packard und Siemens integrieren ihre Lösungen wie Maschinen oder Software in das vom Fraunhofer IPA, Fraunhofer IAO, dem IFF und IAT der Universität Stuttgart gemeinsam betriebene Applikationszentrum und lassen sie von den Wissenschaftlern fit für die Zukunft, fit für Industrie 4.0 machen,« erläuterte Professor Thomas Bauernhansl im Rahmen der Industrie-4.0-Rundreise, die den baden-württembergischen Wirtschaftsminister, Dr. Nils Schmid, auch an das Fraunhofer-Institutszentrum Stuttgart führte.

Auf der internationalen Fachmesse Motek erhielt der Zweiarmer Roboter »Rapid Dual Arm Bin Picking« den »handling award 2014«. Prämiert wurde das System, das in Kisten gelagerte

Bauteile automatisiert vereinzelt und zur Weiterverarbeitung neu positioniert und eine definierte und kollisionsfreie Vereinzelnung in kürzerer Zeit gewährleistet.

Im Rahmen eines Presse-Rundgangs mit Minister Dr. Nils Schmid informierte das Fraunhofer IPA Vertreter aus Wirtschaft, Politik und den Medien über den aktuellen Entwicklungsstand des Forschungsprojekts »FastStorageBW«. Ein Konsortium aus Industrie und Forschungseinrichtungen plant in den kommenden drei Jahren rund 60 Millionen Euro in die PowerCap-Technologie zu investieren. (Bild 2)

Die Fraunhofer-Gesellschaft ist eine dreijährige Kooperation mit der University of Auckland eingegangen. Das von Dr. Urs Schneider, Leiter der Abteilung »Biomechatronische Systeme« verantwortete Projekt »Bionic Joint« hat zum Ziel, eine neuartige körpergetragene Orthese zur Bewegungsmessung und -unterstützung am menschlichen Körper zu entwickeln. Anlässlich eines neuseeländischen Regierungsbesuchs nahm auch Kanzlerin Dr. Angela Merkel an der feierlichen Vertragsunterzeichnung teil. (Bild 4)

Zum 22. Mal wurden besondere Projekte des eigenen Instituts mit dem Hans-Jürgen Warnecke Innovationspreis gewürdigt. Im Jahr 2014 machten die Innovationen »Sirex™ – Bohren nach dem Vorbild der Hautflügler«, »VesselSens – Drahtloses Restenose Frühdiagnosesystem zur Integration in einen Stent« und »Trockenbeschichtete Elektroden für die Energiespeicherung« das Rennen. (Bild 5)

## Weitere Preise erhielten:

- Ernst Haage-Preis für chemische Energiekonversion, Dr. rer. nat. Katharina Weber
- International Bionic Award 2014 (2. Preis), Dr. Oliver Schwarz
- IPQ Dissertationspreis 2014, Dr.-Ing. Dominik Lucke
- Seifriz-Preis, Frank Bürger, Friedrich Fischer
- Best Paper Award, »IIEE ISERIC«, Montreal, Dr. Peter Kulan, Thomas Edtmayr, Alexander Sunk, Fraunhofer Austria

# DAS INSTITUT IN ZAHLEN

Die Forschungs- und Entwicklungsprojekte, die das Fraunhofer IPA zusammen mit Instituts- und Industriepartnern realisiert, zielen darauf ab, Automatisierungs- und Rationalisierungspotentialen in Unternehmen aufzuzeigen und auszuschöpfen. Mit verbesserten, kostengünstigeren und umweltfreundlicheren Produktionsabläufen und Produkten können die Wettbewerbsfähigkeit und die Arbeitsplätze vor allem am Standort Deutschland erhalten oder optimiert werden.

Zu den interdisziplinären Leitthemen, für die das Fraunhofer IPA Personal, Kompetenzen und Expertise aufbaut und vereint, zählen Industrie 4.0, Komplexitätsmanagement, Ressourceneffizienz, Energiespeicher und Leichtbau. Verschiedene strategische Großprojekte zielen darauf ab, den Standort Stuttgart unter einem einheitlichen Label sichtbar und fit für die Zukunft zu machen.

Unter anderem entwickelt das Fraunhofer IPA zusammen mit lokalen Kooperationspartnern Strategien und Geschäftsmodelle zum Thema »Personalisierte Produktion«, das schon heute als Innovationsmotor für die Absicherung von Wohlstand und Wachstum in gesättigten Märkten gilt. Die zentrale technologische Herausforderung der Personalisierten Produktion ist die Qualitätssicherung durch auf Anhieb richtige Strategien und die Wirtschaftlichkeit im Ablauf – von der Kundenanfrage bis zur Auslieferung.

Die technologische Basis dafür ist in erster Linie die additive Produktion mit unterschiedlichsten Verfahren und Werkstoffen. Daher arbeitet das Fraunhofer IPA bereits am Aufbau eines Campus für Personalisierte Produktion, auf dem cyberphysische Produktionssysteme (CPS), additive Produktionstechnologien und echtzeitnahe Simulationstechnologien vorangetrieben werden.

## Haushalt

	Mio €
Betriebshaushalt ohne Investitionen	60,3
davon Wirtschaftserträge	22,3
Investitionen	2,0

## Anzahl der Mitarbeiter

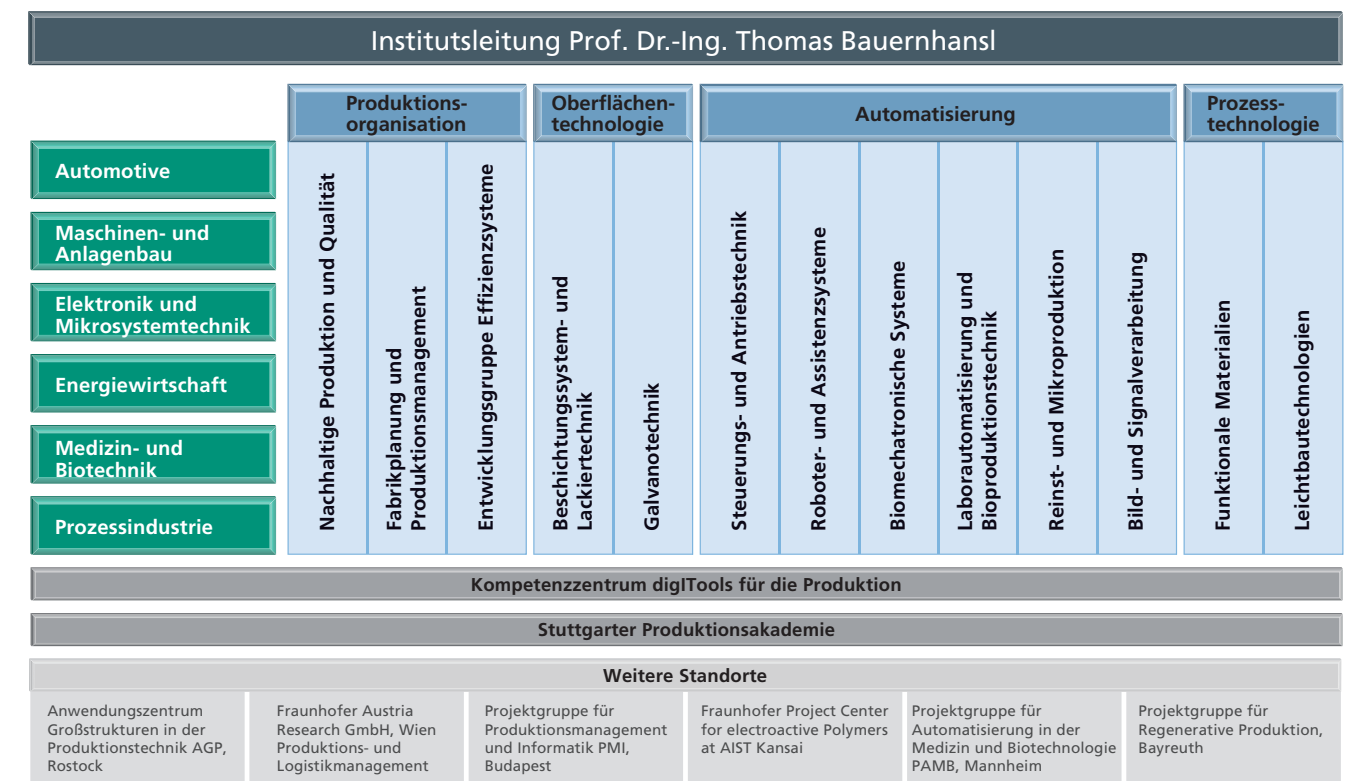
Fraunhofer IPA, Mitarbeiter	490
Fraunhofer IPA, Wissenschaftliche Hilfskräfte	420
Institut für Energieeffizienz in der Produktion (EEP), Universität Stuttgart	4
Institut für Industrielle Fertigung und Fabrikbetrieb (IFF), Universität Stuttgart	55
Institut für Steuerungstechnik der Werkzeugmaschinen und Fertigungseinrichtungen (ISW), Universität Stuttgart	66
Graduiertenschule für advanced Manufacturing Engineering (GSaME)	60

## Weitere Kennzahlen

Promotionen	16
Patente	30
Veröffentlichungen	949

(Fraunhofer IPA, Stuttgart, inkl. der Standorte Bayreuth, Mannheim, Rostock und Wien)

# ORGANIGRAMM



Stand: 04.2015

Das Fraunhofer IPA ist in 14 Fachabteilungen gegliedert und in den Arbeitsgebieten Produktionsorganisation, Oberflächentechnologie, Automatisierung und Prozesstechnologie tätig.

Labors unter anderem für das Messen und Prüfen von Signal- und Leistungsübertragungen, die industrielle Bildverarbeitung und die virtuelle Produktionsplanung gehören genauso zur Institutsausstattung wie Versuchsfelder für die Erprobung von Montage-, Handhabungs- und Bearbeitungsprozessen sowie die Demonstrationen von Automatisierungslösungen.

Um den Informationsaustausch zwischen Forschung und Industrie zu optimieren, die einzelnen Fachabteilungen besser zu

vernetzen und den schnellen Transfer der Lösungen in die Industrie sicherzustellen, wurden 2012 am Fraunhofer IPA die 5 Geschäftsfelder »Automotive«, »Maschinen- und Anlagebau«, »Elektronik- und Mikrosystemtechnik«, »Energiewirtschaft« sowie »Medizin- und Biotechnik« etabliert. Mit Beginn des Jahres 2015 ist das Geschäftsfeld »Prozessindustrie« dazugekommen. Dieses bündelt vielseitige Kompetenzen und umfasst acht Fachabteilungen des Fraunhofer IPA, die unterschiedliche Branchen adressieren. Im Fokus steht zunächst die chemische Industrie. Ziel ist es, vor allem auch kleine und mittlere Unternehmen in der oft sehr kapitalintensiven Branche zu unterstützen und für den Markt zu stärken oder Markteintritte forschungsnah zu begleiten.



# KURATORIUM

## Vorsitzender des Kuratoriums



Ab Juli 2014  
**Prof. Dr.-Ing. Thomas Weber**  
 Daimler AG  
 Vorstand Konzernforschung Mercedes-Benz  
 Cars Entwicklung



Bis Juni 2014  
**Dr.-Ing. Jürgen Geißinger**  
 Ehem. Vorsitzender des Vorstands  
 Schaeffler AG

## Mitglieder des Kuratoriums



**Dr.-Ing. e.h. Peter Drexel**  
 Ehem. Mitglied des Vorstands  
 Siemens Dematic AG



**Prof. Dr.-Ing. Heinrich Flegel**  
 Ehem. Leiter Forschung Produktionstechnik  
 Daimler AG



**Dr. Dirk Friedrich**  
 Aesculap AG  
 Vice President R&D Services, Navigation  
 Technology



**MinR'in Dr. rer. pol. Ehrentraud Graw**  
 Ministerium für Finanzen und Wirtschaft  
 Baden-Württemberg  
 Referatsleiterin Produktionstechnik und  
 Fahrzeugbau



**Dr. Stefan Hartung**  
 Robert Bosch GmbH  
 Geschäftsführer



**Dr.-Ing. Mathias Kammüller**  
 TRUMPF GmbH + Co. KG  
 Vorsitzender der Geschäftsführung



**Dr. Martin Knops**  
 Senvion SE  
 Direktor Produktentwicklung/  
 Entwicklungsleiter



**Dr. e. h. Dipl.-Math. Bernd Liepert**  
 KUKA AG  
 Chief Technology Officer (CTO)



**Dr. Rainer Ohnheiser**  
 Carl Zeiss Industrielle Messtechnik GmbH  
 Vorsitzender der Geschäftsführung



**Hartmut Rauen**  
 Verband Deutscher Maschinen- und  
 Anlagenbau e. V. (VDMA)  
 Mitglied der Hauptgeschäftsführung



**MinRat Hermann Riehl**  
 Bundesministerium für Bildung und Forschung  
 Referatsleiter Produktionssysteme und  
 -technologien



**Ingo Rust**  
 Ministerium für Finanzen und Wirtschaft  
 Baden-Württemberg  
 Staatssekretär



**Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. mult.  
 Rolf Dieter Schraft**  
 Ehem. Institutsleiter Fraunhofer IPA



**Dr.-Ing. Uwe Siewert**  
 BA Assembly & Turnkey Systems GmbH  
 Geschäftsführer



**Dr. Martin Stark**  
 Ehem. Vorstand der Freudenberg Gruppe  
 und ehem. pers. haftender Gesellschafter  
 der Freudenberg & Co. KG



**Dr. Karl Tragl**  
 Bosch Rexroth AG  
 Geschäftsbereichsleiter Electric Drives and  
 Controls



**Dr.-Ing. Eberhard Veit**  
 Festo AG & Co. KG  
 Vorstandsvorsitzender, Vorstand Corporate  
 Management & Strategy



**Prof. em. Dr.-Ing. Prof. h.c. mult. Dr. h.c. mult.  
 Dr.-Ing. e.h. Hans-Jürgen Warnecke**  
 Ehem. Präsident und Ehrensenator der  
 Fraunhofer-Gesellschaft  
 Ehem. Institutsleiter Fraunhofer IPA und IFF  
 (Universität Stuttgart)

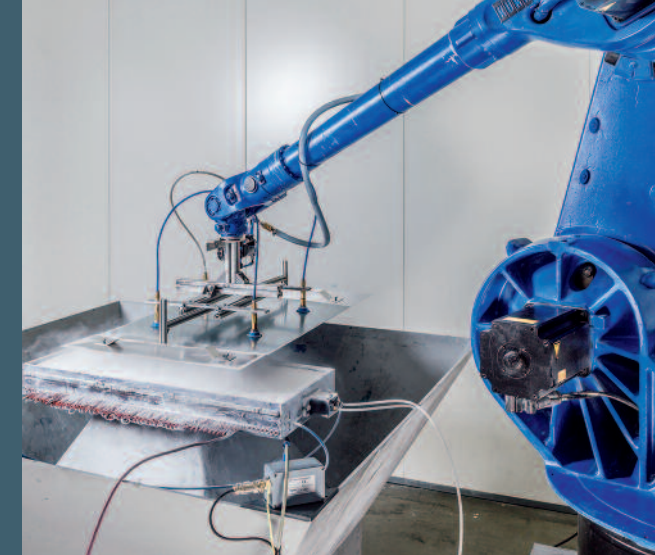


**Prof. Dr.-Ing. Prof. e.h. Dr.-Ing. e.h.  
 Dr. h.c. mult. Engelbert Westkämper**  
 Ehem. Institutsleiter Fraunhofer IPA und IFF  
 (Universität Stuttgart)



**Prof. em. Dr. rer. pol. Erich Zahn**  
 Ehem. Universität Stuttgart  
 Lehrstuhl für Allg. BWL und Strategisches  
 Management





## NACHHALTIGE PRODUKTION UND QUALITÄT

Nachhaltiges Wirtschaften in Unternehmen bedeutet für das Fraunhofer IPA, gleichrangig ökonomische, ökologische und gesellschaftliche Aspekte zu berücksichtigen und diese sowohl regional als auch global zu betrachten sowie Verantwortung für heutige und zukünftige Generationen zu übernehmen.

Dazu gehören für uns die höchsten Qualitätsansprüche an Produkte und Prozesse unserer Kunden. Wir stellen sicher, dass die höchste Zuverlässigkeit ihrer Anlagen damit nicht im Widerspruch steht.

Nachhaltig und gleichzeitig wirtschaftlich produzieren sind für uns eins. Im Rahmen von Forschungs- und Industrieprojekten entwickelt das Fraunhofer IPA ressourcenschonende und schadstofffreie Produktionsprozesse, Produkte und Technologien, und dies sowohl über den gesamten Produktlebenszyklus als auch spezifisch für einzelne Lebensphasen.

**Dr.-Ing. Jörg Mandel**  
Abteilungsleiter Nachhaltige Produktion  
und Qualität  
Telefon +49 711 970-1980  
joerg.mandel@ipa.fraunhofer.de

## FABRIKPLANUNG UND PRODUKTIONSOPTIMIERUNG

Wettbewerbsfähige Unternehmen müssen ihre Fabriken und Produktionen im Grenzbereich der technischen, logistischen und organisatorischen Möglichkeiten betreiben. Dabei sind einerseits kontinuierliche Verbesserungen sowie andererseits grundlegende Anpassungen und Wandlungen die Voraussetzungen für den dauerhaften Erfolg einer Fabrik.

Mit unserem Leistungsangebot zur Fabrikplanung und Produktionsoptimierung unterstützen wir Industrieunternehmen bei der Verfolgung ihrer wesentlichen Fabrikziele. Unsere Leistungen reichen von der Planung von Werkgeländen über die strategische Ausrichtung der Produktion und ihrer Optimierung im laufenden Betrieb bis hin zur wertgerechten Gestaltung von Produkten und der damit verbundenen Fertigungs- und Montageprozesse.

Mit unseren neu entwickelten Methoden garantieren wir, dass die Fabrik nach den neusten Erkenntnissen gestaltet wird, um den Wettbewerbsvorsprung unserer Kunden in der Produktion nachhaltig zu sichern.

**Michael Lickefett**  
Abteilungsleiter Fabrikplanung und  
Produktionsoptimierung  
Telefon +49 711 970-1993  
michael.lickefett@ipa.fraunhofer.de

## AUFTRAGSMANAGEMENT UND WERTSCHÖPFUNGSNETZE

Mit innovativen Lösungen aus praxiserprobten Konzepten, Methoden und IT-Werkzeugen für das Auftrags- und Produktionsmanagement unterstützen wir Unternehmen bei der Erreichung ihrer Ziele – am einzelnen Standort und in der Supply Chain, vom Bestandsziel bis zur Liefertreue. Dabei steht bei unserem partnerschaftlichen Beratungsansatz die möglichst schlanke Wertschöpfung unter komplexen Rahmenbedingungen im Mittelpunkt.

Unser Angebot, Kunden auch bei der Umsetzung mit dem von ihnen gewünschten Intensitätsgrad zu begleiten, stellt sicher, dass identifizierte Schwachstellen an der richtigen Stelle im Prozess aufgegriffen und konsequent gelöst werden.

Wir unterstützen neben der Konzeption den Umsetzungsprozess je nach Bedürfnis:

- Mit Status-Workshops zur regelmäßigen Umsetzungs-  
kontrolle
- Als Umsetzungscoach, der den Prozess kontinuierlich begleitet

Die Kombination aus unserer Erfahrung und dem unternehmensspezifischen Wissen unserer Kunden führt zu nachhaltig wirkenden Verbesserungen.

**Anja Schatz**  
Abteilungsleiterin Auftragsmanagement und  
Wertschöpfungsnetze  
Telefon +49 711 970-1076  
anja.schatz@ipa.fraunhofer.de

## BESCHICHTUNGSSYSTEM- UND LACKIERTECHNIK

Organische Beschichtungssysteme bilden die Basis der wirtschaftlich bedeutendsten Oberflächentechnik. Der Grund dafür liegt in der Flexibilität und Vielseitigkeit dieser Technologie.

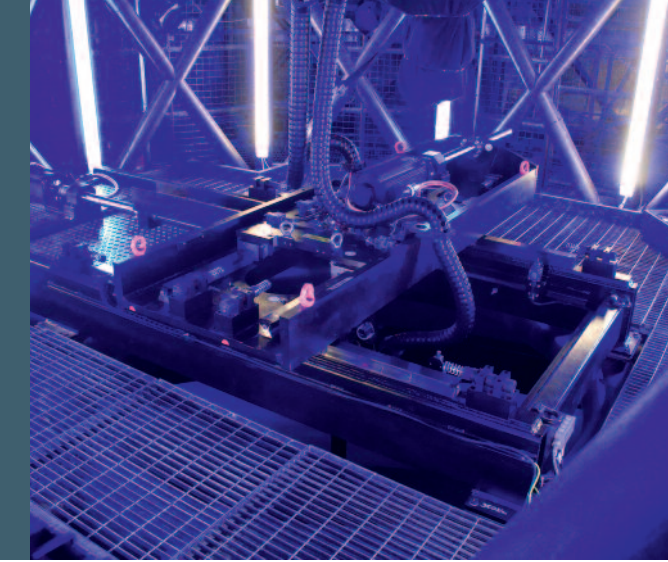
Am Fraunhofer IPA hat dieser Sachverhalt zu der Entscheidung geführt, im Januar 2012 die Abteilungen »Lacke und Pigmente« und »Lackiertechnik« zu einer Einheit zusammenzuführen. Zielsetzung war, Projekte aus dem gesamten Bereich der Prozesskette Beschichtungstechnik durchgängig bearbeiten zu können.

Ausgehend von der Entwicklung neuer Lacke und Lackkomponenten über die Lackapplikation bis zum Entwickeln, Modellieren und Simulieren von produktionsgerechten Prozessen, reichen die Themen und Projekte von Industriekleinaufträgen bis zu aufwendigen bilateralen oder konsortialen Forschungsprojekten.

Höhere Auftragswirkungsgrade, kürzere Durchlaufzeiten, Energie- und Materialeinsparung und neue Materialien sind gesuchte Lösungen, die nach Unterstützung bei der Umsetzung und Integration die Prozesseffizienz deutlich erhöhen.

**Dr. Michael Hilt**  
Abteilungsleiter Beschichtungssystem- und  
Lackiertechnik  
Telefon +49 711 970-3820  
michael.hilt@ipa.fraunhofer.de





## GALVANOTECHNIK

Die Anwendung elektrochemischer (galvanischer) Verfahren fordert nicht nur immer präzisere werkstofftechnische und geometrische Eigenschaften, sondern auch prozesssichere und reproduzierbare Applikationstechnologien. Dem tragen wir dadurch Rechnung, dass die gesamte FuE-Kette von der Prozessentwicklung bis zur industriellen Anlagentechnologie durchgängig verfolgt wird.

Im Fokus unserer Arbeiten steht dabei immer die Galvanotechnik. Als einziger Dienstleister beraten wir unsere Kunden bei Fragestellungen entlang der gesamten industriellen Produktionskette – bei der Entwicklung neuer Schichtwerkstoffe und den dazugehörigen Prozessketten über die Schadensfallanalyse bis hin zur Umsetzung der industriellen Anlagentechnik. In Verbindung mit unserer klassischen Beratungsdienstleistung, beispielsweise der Lieferantenbewertung, bieten wir unseren Kunden die Möglichkeit, neue Technologien von der Idee bis zur Produktionseinführung zu begleiten.

**Dr.-Ing. Martin Metzner**  
Abteilungsleiter Galvanotechnik  
Telefon +49 711 970-1041  
martin.metzner@ipa.fraunhofer

## STEUERUNGS- UND ANTRIEBSTECHNIK

Die Abteilung Steuerungs- und Antriebstechnik ist eng mit dem Institut für Steuerungstechnik der Werkzeugmaschinen und Fertigungseinrichtungen (ISW) der Universität Stuttgart verknüpft. Das ISW zählt international zu den führenden universitären Forschungsinstituten auf dem Gebiet der Fertigungstechnik (s. S. 25). Die enge Zusammenarbeit des ISW mit dem Fraunhofer IPA verbindet Industrienähe sowie eine exzellente und nachhaltige Lehre, sodass neben grundlagenorientierten Forschungsaktivitäten auch herausfordernde Aufgabenstellungen aus der Industrie erfolgreich bearbeitet werden.

Zusammen mit dem ISW stellt sich die Abteilung Steuerungs- und Antriebstechnik täglich den unterschiedlichsten Herausforderungen im Bereich der Werkzeugmaschinen und Automatisierungstechnik. Dazu gehören Forschungen und innovative Entwicklungen in den folgenden Bereichen:

- Planung und Engineering
- Hardware-in-the-Loop-Simulation
- Steuerungsarchitekturen
- Steuerungsalgorithmen
- Regelungstechnik
- Echtzeitkommunikation
- FPGA-Technik
- Elektrische Antriebstechnik
- Kugelgewindetriebe
- Sensortechnik
- Maschinenteknik
- FEM-Simulation

**Dr.-Ing. Armin Lechler**  
Abteilungsleiter Steuerungs- und Antriebstechnik  
Telefon +49 711 6858-2462  
armin.lechler@isw.uni-stuttgart.de

## ROBOTER- UND ASSISTENZSYSTEME

Die Abteilung »Roboter- und Assistenzsysteme« gestaltet Roboter und Automatisierungslösungen für industrielle Anwendungen und für den Dienstleistungsbereich. Schlüsseltechnologien werden entwickelt und in innovative Industrieroboter, Serviceroboter und intelligente Maschinen umgesetzt.

40 Jahre Erfahrung in der Robotik und Automatisierung, multidisziplinäre Teams, ein einzigartiges Netzwerk, umfassendes Know-how sowie bestens ausgestattete Labors und Werkstätten bündeln sich im Spektrum unserer Dienstleistungen:

- Systemkonzeption
- Machbarkeitsstudien
- Simulation von Roboteranlagen und Komponenten
- Materialflusssimulation
- Entwicklung von Prototypen
- Erstellung von Lasten- und Pflichtenheften
- Vermessung von Robotern und Anlagen
- Optimierung bestehender Systeme

Wir unterstützen Anwender von Robotersystemen bei der Entwicklung und Implementierung ihrer Automatisierungslösung.

Systemintegratoren oder Komponentenherstellern stehen wir als Entwicklungspartner für neue Technologien zur Seite.

**Martin Hägele**  
Abteilungsleiter Roboter- und Assistenzsysteme  
Telefon +49 711 970-1203  
martin.haegle@ipa.fraunhofer.de

## BIOMECHATRONISCHE SYSTEME

Die Abteilung »Biomechatronische Systeme« entwickelt technische Lösungen für die Erfassung, Kontrolle und Erzeugung von Bewegungen für medizinische und ergonomische Anwendungen. Unser interdisziplinäres Team forscht international und in enger Kooperation mit der Industrie.

6,9 Millionen Menschen erleiden jährlich ernsthafte gesundheitliche Schäden am Arbeitsplatz (EU-OSHA, 2013). Die Prädiktion von und Prävention gegen körperliche Beeinträchtigungen und die Gesunderhaltung am Arbeitsplatz wird immer relevanter. 50 Prozent aller chronischen Erkrankungen betreffen in unserer Gesellschaft den Bewegungsapparat und mit einer geschätzten Verdoppelung der über 50-Jährigen werden diese in Zukunft noch stark zunehmen.

Wir wollen mit unseren Kunden neue Lösungen für eine mobile Gesellschaft im demographischen Wandel schaffen.

**Dr. Urs Schneider**  
Abteilungsleiter Biomechatronische Systeme  
Telefon +49 711 970-3630  
urs.schneider@ipa.fraunhofer.de





Quelle: designmada, Fotograf: Jens Kramer



## LABORAUTOMATISIERUNG UND BIOPRODUKTIONSTECHNIK

Höhere Reproduzierbarkeit, geringere Fremdeinflüsse, mehr Durchsatz bei gleichzeitigem Erhalt der Laborflexibilität sowie anspruchsvolle sterile und zertifizierte Umgebungsbedingungen: Dies sind nur einige der Anforderungen, die bei der Entwicklung von Automatisierungslösungen in den Life Sciences gestellt werden.

Dieser Herausforderung hat sich die Abteilung »Laborautomatisierung und Bioproduktionstechnik« des Fraunhofer IPA mit einem interdisziplinären Team gestellt. 25 Wissenschaftler setzen innovative Komplettlösungen vom Konzept bis zum validierten Prozess um.

Durch Kombination eigener Schlüsselösungen mit Gold-Standard-Komponenten setzen wir Maßstäbe an die Qualität, Zuverlässigkeit, Flexibilität und Eignung unserer Lösungen. Der Nutzen für den Endanwender steht für uns immer im Fokus.

## REINST- UND MIKROPRODUKTION

Die Erforschung sauberer und reiner Arbeitsumgebungen beschäftigt uns seit 30 Jahren. Unser Leistungsportfolio reicht von der Reinheitstechnik, Präzisionsmontage- und Auftragstechniken, über digitale Drucktechnologien in 2D und 3D bis hin zur Auslegung und Steuerung reiner Fertigungen.

Unser Know-how führt nicht nur zu internationalen Standards, sondern mündet auch in verbindliche Normen. Zudem steht uns der reinste Reinraum der Welt zur Verfügung. Dieser ist mindestens zehnmals sauberer als es die Luftreinheitsklasse ISO 1 verlangt. Das bedeutet, dass auf einen Kubikmeter Luft ein einziges, 0,1 Mikrometer großes Partikel kommen darf; hervorragende Voraussetzungen, um als Referenzreinraum zu dienen. Auf über 150 qm können wir unter diesen Bedingungen Kontaminationskontrolltests selbst im Schwerlastbereich durchführen. Darin beleuchten wir alle relevanten fertigungstechnischen Aspekte für kontaminationskritische Industrien und Produkte.

Wir beraten unsere Kunden von der Konzeptionsphase über die Realisierung bis zur Inbetriebnahme von Anlagen oder ganzen Fertigungen.

## BILD- UND SIGNALVERARBEITUNG

Die Abteilung »Bild- und Signalverarbeitung« entwickelt und realisiert innovative System- und Applikationslösungen für die Informationsverarbeitung im Zusammenspiel mit technischen Prozessen. Im Fokus unserer Forschungs- und Entwicklungsarbeiten stehen intelligente Mess- und Prüfsysteme, moderne Automatisierungslösungen sowie Assistenzsysteme.

Die Kernkompetenzen der Abteilung konzentrieren sich auf die intelligente, automatisierte Interpretation von Bild- und Sensorinformationen zur Lösung komplexer Aufgabenstellungen. Das Anwendungsspektrum reicht von 2D-Mess- und Prüfsystemen über moderne 3D-Mess- und Prüftechnik mit Computertomographie und optischer 3D-Sensorik bis hin zur 3D-Objekterkennung und Szenenanalyse für die Automatisierungstechnik und für Assistenzsysteme zur automatischen Notfall- und Sturzerkennung.

Unsere Leistungen im Einzelnen:

- Qualitätssicherung mit 2D-Bildverarbeitung
- 3D-Messen und Erkennen
- Messen und Prüfen mit Computertomographie
- Qualitätssicherung mit Thermographie
- Qualitätsprognose mit Signalverarbeitung
- Automatisierung
- Sicherheit für Menschen (AAL)
- Messdienstleistungen

## FUNKTIONALE MATERIALIEN

Innovation findet zunehmend auf Prozessebene statt. Dank nanomodifizierter Hochleistungswerkstoffe werden Kunststoffe robuster, Metalle leichter und Energiespeicher effizienter gestaltet.

Um dieses Ergebnis zu erreichen, modifizieren wir konventionelle Werkstoffe mit nanoskaligen Füllstoffen. Diese Füllstoffe wie Graphen, Nanotubes oder Nanosilberfasern werden in den entsprechenden Labors des Fraunhofer IPA kundenspezifisch synthetisiert, funktionalisiert, dispergiert und appliziert.

Die Abteilung kann hierbei auf einen Reaktorenpark, ein Dispersionslabor sowie auf mehrere Applikationstechniken zurückgreifen. Diese befassen sich mit konventionellen Drucktechniken und generativen Fertigungsverfahren wie beispielsweise dem FDM-Verfahren.

Als Pionier der anwendungsnahen Material- und Prozessforschung gehört die Abteilung heute zu den größten Forschungsgruppen auf dem Gebiet der Funktionalen Materialien. Forschungsfragen können schnell und umfassend beantwortet und effizient in Produkt- und Prozessinnovationen überführt werden.

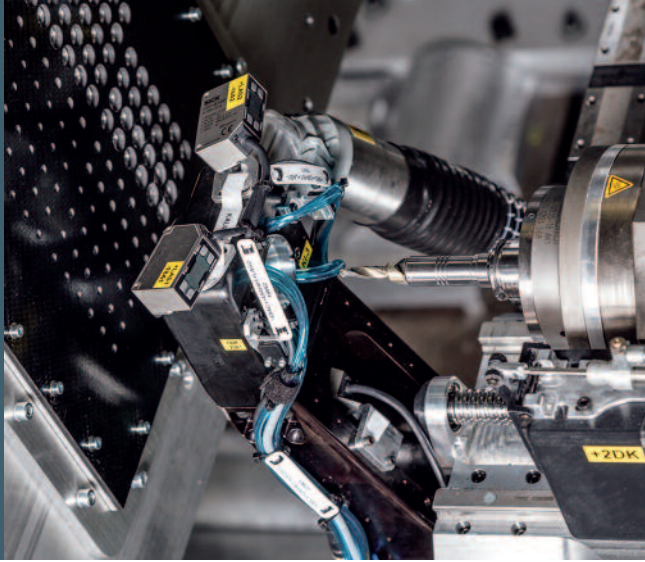
**Andreas Traube**  
Abteilungsleiter Laborautomatisierung und Bioproduktionstechnik  
Telefon +49 711 970-1233  
andreas.traube@ipa.fraunhofer.de

**Dr.-Ing. Udo Gommel**  
Abteilungsleiter Reinst- und Mikroproduktion  
Telefon +49 711 970-1633  
udo.gommel@ipa.fraunhofer.de

**Markus Hüttel**  
Abteilungsleiter Bild- und Signalverarbeitung  
Telefon +49 711 970-1817  
markus.huettel@ipa.fraunhofer.de

**Ivica Kolaric**  
Abteilungsleiter Funktionale Materialien  
Telefon +49 711 970-3729  
ivica.kolaric@ipa.fraunhofer.de





Quelle: WorkAlone – Fotolia.com



## LEICHTBAUTECHNOLOGIEN

Energie- und Ressourceneffizienz sind Schlüsselbegriffe der heutigen Produktionstechnik. Während die Reduzierung des Gewichts im Fahrzeug- und Flugzeugbau bereits eine feste Zielgröße darstellt, müssen die eingesetzten Werkstoffmengen zukünftig auch bei Konsum- und Gebrauchs- sowie Investitionsgütern verringert werden. Damit können die Herstell- und Transport-, aber auch die Entsorgungskosten minimiert und zugleich die Rohstoffverknappung im globalen Markt eingedämmt werden.

Durch den Einsatz von Leichtbauwerkstoffen wie CFK und Leichtbaukonzepten ermöglichen wir unseren Kunden, die Energie für den Anlagenbetrieb zu verringern und die Emissionen zu senken. Daneben unterstützen wir die Umsetzung von individuellen Leichtbaukonzepten und die Einführung neuer Werkstoffe zur Steigerung der technologischen Eigenschaften von Maschinen und Anlagen.

**Dr.-Ing. Marco Schneider**  
Abteilungsleiter Leichtbautechnologien  
Telefon +49 711 970-1535  
marco.schneider@ipa.fraunhofer.de

## KOMPETENZZENTRUM diglTools FÜR DIE PRODUKTION

Industrie 4.0 war auch im Jahr 2014 eines der Kernthemen und hat die Aktivitäten im Kompetenzzentrum maßgeblich mitbestimmt. So zeigte zum Beispiel die Projektgruppe Virtual Fort Knox (VFK) auf der Hannover Messe 2014 gemeinsam mit Wittenstein und Hewlett-Packard anhand eines Demonstrators zweierlei: Mit der VFK-Plattform können erstens Produktionsdaten aus Anlagen und cyberphysischen Systemen sicher ausgelesen und verarbeitet werden. Zweitens können über die Plattform Produktionskomponenten aktiv integriert werden, um diese aus der Cloud sicher anzusteuern.

Auf seiner Industrie-4.0-Rundreise überzeugte sich Baden-Württembergs Minister für Finanzen und Wirtschaft, Dr. Nils Schmid, im Anwendungszentrum des Fraunhofer IPA über die Fortschritte der Digitalisierung in der Produktion. Dort erarbeiten Industrie-4.0-Arbeitsgruppen konkrete Anwendungsfälle und veranschaulichen diese mit Demonstratoren.

Um die Kernkonzepte dieses Zukunftsthemas – von der App-Entwicklung bis zur Mensch-Maschine-Interaktion – weiterzuvermitteln, baute das Fraunhofer IPA ein Industrie-4.0-Curriculum auf und bietet 2015 sieben Seminare an. Insbesondere kleine und mittlere Unternehmen erhalten so Unterstützung, die Potenziale von Industrie 4.0 für sich zu erschließen.

**Joachim Seidelmann**  
Leiter des Kompetenzzentrums diglTools  
Telefon +49 711 970-1804  
joachim.seidelmann@ipa.fraunhofer.de

## STUTTGARTER PRODUKTIONS-AKADEMIE

Die Stuttgarter Produktionsakademie gGmbH – eine Kooperation des Fraunhofer IPA und der Universität Stuttgart – bietet exzellente Seminare für Fach- und Führungskräfte produzierender Unternehmen. Bereits nach zwei Jahren hat sie sich auf dem Aus- und Weiterbildungsmarkt etabliert: Über 2000 Teilnehmerinnen und Teilnehmer haben 2014 ein Seminar der Stuttgarter Produktionsakademie besucht und mit durchschnittlich 1,4 bewertet. Das zeigt, dass das siebenköpfige Team um Dr. Alexander Schloske mit seinem Konzept richtig liegt.

Der Kern des Programms besteht aus Organisations- und Managementseminaren – wie etwa Kompakt- und Vertiefungsseminaren des Themenfelds Produktionsplanung und Prozessoptimierung – sowie Technologieseminaren, die meist in Laboren des Fraunhofer IPA stattfinden. Da Fachwissen allein nicht immer ausreicht, hat die Stuttgarter Produktionsakademie auch Trainings in ihr Programm aufgenommen, in denen die Teilnehmenden Schlüsselkompetenzen wie Führungs-Know-how oder Konfliktmanagement aufbauen bzw. weiterentwickeln. Eine weitere Neuerung ist die Sommerakademie, die Seminare während der Sommerferien anbietet.

Die Stuttgarter Produktionsakademie ist ständig bestrebt, ein spannendes Seminarprogramm zusammenzustellen und professionelle Kooperationspartner zu gewinnen. Für 2015 sind mehr als 200 Termine geplant. Das aktuelle Weiterbildungsangebot steht unter [www.stuttgarter-produktionsakademie.de](http://www.stuttgarter-produktionsakademie.de). Wer im gedruckten Katalog blättern möchte, kann diesen per E-Mail bestellen: [info@stuttgarter-produktionsakademie.de](mailto:info@stuttgarter-produktionsakademie.de).

**Dr.-Ing. Alexander Schloske**  
Leiter der Stuttgarter Produktionsakademie  
Telefon +49 711 970-1890  
alexander.schloske@ipa.fraunhofer.de

## FRAUNHOFER-ANWENDUNGSZENTRUM GROSS-STRUKTUREN IN DER PRODUKTIONSTECHNIK AGP

Ingenieurwissenschaftliche Aufgabenstellungen der Industrie bilden die Forschungsschwerpunkte des Fraunhofer-Anwendungszentrums Großstrukturen in der Produktionstechnik. Dieses kooperiert mit den Lehrstühlen Fertigungstechnik und Fügetechnik an der Fakultät für Maschinenbau und Schiffstechnik, Universität Rostock.

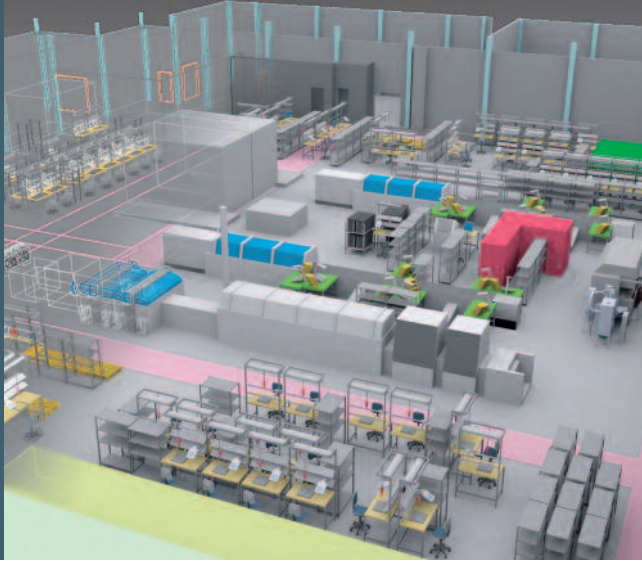
Ziel der Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten ist es, ganzheitliche Lösungen zu entwickeln, die den Kunden eine kostengünstigere und qualitätsgerechte Fertigung ermöglichen. Mit anwendbaren praxisgerechten Lösungen werden die Ziele umgesetzt. Die Entwicklung neuer Methoden und Verfahren der Fertigung oder die Umsetzung technisch anspruchsvoller neuer ingenieurwissenschaftlicher Erkenntnisse aus der Forschung ins Unternehmen gehören zum Leistungsspektrum. Dazu schafft das Anwendungszentrum den Innovationstransfer aus der Universität in die Industrie.

Arbeits- und Forschungsschwerpunkte sowie Labore:

- Fertigungstechnik
- Fügetechnik
- Neue Werkstoffe
- Automatisierungs- und Qualitätstechnik
- Messen von Großstrukturen
- Organisationstechnik
- Produktentwicklung und Prototypenbau
- Akkreditiertes Prüflabor
- ÜZ-Stelle

**Prof. Dr.-Ing. Martin-Christoph Wanner**  
Leiter Fraunhofer-Anwendungszentrum für Großstrukturen in der Produktionstechnik AGP  
Telefon +49 381 49682-10  
martin-christoph.wanner@hro.ipa.fraunhofer.de





Quelle: (c) Stratum | Dreamstime.com



### FRAUNHOFER AUSTRIA RESEARCH GMBH

Gegründet 2004 als Projektgruppe und Außenstelle des Fraunhofer IPA, ist die Niederlassung in Wien mittlerweile unter dem Dach der Fraunhofer Austria Research GmbH aktiv. Die gemeinnützige, nicht gewinnorientierte Forschungsorganisation betreibt heute zwei Geschäftsbereiche: Produktions- und Logistikmanagement in Wien und Visual Computing in Graz.

Unter dem Leitthema »ganzheitliche Lösungen in Produktion und Logistik« beschäftigen sich die Wissenschaftler mit der Fragestellung, wie Exzellenz in den operativen Unternehmensbereichen erreicht werden kann. In Kooperation mit der TU Wien, dem Fraunhofer IPA und anderen Partnern werden Lösungen und Methoden erforscht, die Antworten auf die Produktionsstrategien der Zukunft für Unternehmen in Hochlohnländern liefern.

Arbeits- und Forschungsschwerpunkte sind:

- Industrie 4.0 Roadmapping
- Gestaltung von cyberphysischen Montagesystemen
- Integrierte Logistik- und Produktionsplanung
- Simulationsgestützte Produktions- und Logistikplanung
- Fabrikplanung und Produktionsorganisation
- Wertschöpfungsketten für Generative Fertigung
- Multimodalverkehr im Donauraum
- Optimierung des Auftragsabwicklungsprozesses
- Ganzheitliches Wertstrommanagement
- Ergonomische Arbeitssystemgestaltung

**Prof. Dr.-Ing. Wilfried Sih**  
**Leiter Fraunhofer Austria Research GmbH**  
**Geschäftsbereich Produktions- und Logistikmanagement**  
**Telefon +43 1 5046906**  
**wilfried.sih@fraunhofer.at**

### FRAUNHOFER-PROJEKTGRUPPE FÜR PRODUKTIONS-MANAGEMENT UND INFORMATIK PMI

Seit Mai 2010 bietet das Fraunhofer Projektzentrum für Produktionsmanagement und Informatik PMI unter der Leitung von Professor László Monostori Forschungs- und Beratungsdienstleistungen für produzierende Unternehmen an. Das Fraunhofer PMI befindet sich am Institut für Rechentchnik und Automatisierung der Ungarischen Akademie der Wissenschaften (SZTAKI) und arbeitet eng mit dem Fraunhofer IPA und Fraunhofer Austria, Geschäftsbereich Produktions- und Logistikmanagement zusammen.

Das Project Center ist eine wichtige Kontaktstelle sowohl für deutsche Firmen, die in Ungarn mit Produktionsstandorten vertreten sind, als auch für die mittelständisch geprägte ungarische Industrie. Die Tätigkeitsfelder liegen im Bereich digitaler, echtzeitfähiger Produktion.

Arbeits- und Forschungsschwerpunkte sind:

- Produktionsplanung und -optimierung
- Gestaltung und Management kooperativer Produktionsnetzwerke
- Auftragsmanagement in der Produktions- und Dienstleistungsbranche
- Fertigungsplanung und -steuerung
- Anwendung innovativer Informations- und Kommunikationstechnologien

**Prof. Dr. László Monostori**  
**Leiter Fraunhofer-Projektgruppe für Produktionsmanagement und Informatik PMI**  
**Telefon +36 1 2796159**  
**laszlo.monostori@fraunhofer.hu**

### FRAUNHOFER PROJECT CENTER FOR ELECTROACTIVE POLYMERS AT AIST KANSAI

In der japanischen Metropolregion Kansai ist im Oktober 2014 das »Fraunhofer Project Center for Electroactive Polymers at AIST Kansai« eröffnet worden. Das Ballungsgebiet Kansai um die Städte Osaka, Kobe und Kyoto gehört zu den bedeutendsten technologischen Zentren Japans in der Robotik, dem Leichtbau, der Batterietechnik, der Photovoltaik und Nanotechnologie. Gemeinsam mit den Forschern vom National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST) forschen Wissenschaftler des Fraunhofer IPA an vorwettbewerblichen Themen und entwickeln auf Basis elektroaktiver Polymere (EAPs) Sensoren und Aktuatoren sowie Energiespeicher und Technologien zum Energy-Harvesting. Benötigt werden diese für medizinische Geräte, intelligente Kleidung, digitale Mechatronik sowie für die Energiespeicherung.

Die Project-Center-Leitung übernehmen Dr. Kinji Asaka (AIST) und Ivica Kolaric (Fraunhofer IPA). Asakas Gruppe gilt bei der Entwicklung von Polymer-Aktuatoren – auch auf Basis von Kohlenstoffnanoröhren (CNT) – international als führend. Kolarics Abteilung zeichnet sich durch ihren applikations- und prozess- basierten Ansatz bei der Herstellung von CNTs aus. Zusammen haben die Partner bereits eine Mikro-Pipette entwickelt, in einem BMBF-Projekt arbeiten sie derzeit an einem EAP-Superkondensator. Bei der Vermarktung erhält das Center in Kansai Unterstützung durch das Fraunhofer-Büro in Tokio.

**Ivica Kolaric**  
**Leiter Fraunhofer Project Center for Electroactive Polymers at AIST Kansai**  
**Telefon +49 711 970-3729**  
**ivica.kolaric@ipa.fraunhofer.de**

### FRAUNHOFER-PROJEKTGRUPPE FÜR AUTOMATISIERUNG IN DER MEDIZIN UND BIOTECHNOLOGIE PAMB

Die Projektgruppe für Automatisierung in der Medizin und Biotechnologie PAMB entwickelt mitten im Universitätsklinikum Mannheim Automatisierungslösungen in Form von Prozesstechnik, Geräten, Instrumenten und Software für die Produktion, das Labor und den Interventionsraum. Der Standort und der offene interdisziplinäre Umgang miteinander lässt uns unmittelbar von den Erfahrungen des täglichen klinischen Betriebs profitieren. Die Verbindung zur medizinischen Fakultät Mannheim der Universität Heidelberg stellt sicher, dass Entwicklungen auf dem höchsten naturwissenschaftlich-technischen Niveau durchgeführt werden.

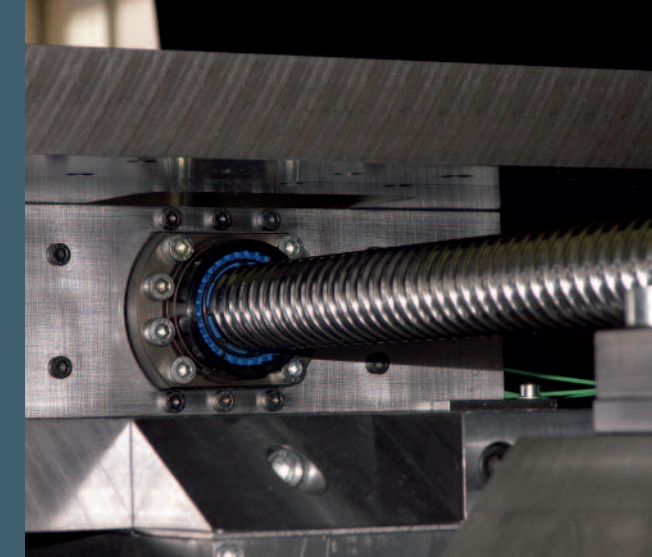
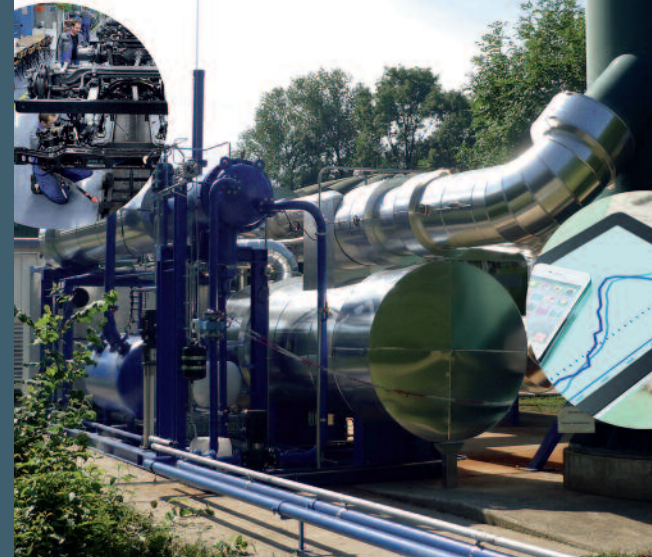
Automatisierung im Bereich der Medizin und Biotechnologie wird in Zukunft eine Schlüsselrolle einnehmen. Nicht nur für Medizintechnik- oder Biotechnikunternehmen, sondern auch für Neukunden in diesen Gebieten bieten wir zusammen mit unseren klinischen Partnern eine durchgängige Plattform für Neuentwicklungen oder den Technologietransfer vom Konzept bis zur klinischen Evaluierung an. Wir unterstützen mit der Komponenten- und Systementwicklung auf folgenden Gebieten:

- Geräte und Instrumente
- Software und Steuerung
- Mess- und Analysensysteme
- Biotechnische Prozessentwicklung

In unseren Labors arbeiten wir eng mit den klinischen Partnern zusammen. Die verfügbare Infrastruktur lässt daher kaum Wünsche offen. Das Ergebnis bestimmt der Kunde: Wir liefern eine vollständige Produktentwicklung oder gleich das Produkt.

**Prof. Dr.-Ing. Jan Stallkamp**  
**Leiter Fraunhofer-Projektgruppe für Automatisierung in der Medizin und Biotechnologie PAMB**  
**Telefon +49 621 17207-101**  
**jan.stallkamp@ipa.fraunhofer.de**





### FRAUNHOFER-PROJEKTGRUPPE REGENERATIVE PRODUKTION

Die Projektpartner können auf eine hochmoderne technische Ausstattung zugreifen. Dazu zählen unter anderem ein Produktionstechnikum mit zahlreichen vernetzten Werkzeugmaschinen, ein Elektroniklabor, ein Analyselabor für technische Sauberkeit sowie die Green Factory Bayreuth.

Mit den fundierten Fachkenntnissen entstanden allein in den vergangenen 5 Jahren in über 125 Projekten maßgeschneiderte und verantwortungsbewusste produktionstechnische Lösungen für ein weitgefächertes Spektrum industrieller Auftraggeber.

Arbeits- und Forschungsschwerpunkte sind:

- Produktion
- Ressourceneffizienz
- Service Engineering
- Refabrikation
- Fabrikplanung
- Technische Sauberkeit
- Regenerative Mechatronik
- CFK-Technologien
- Qualität
- Logistik

**Prof. Dr.-Ing. Rolf Steinhilper**  
Leiter Fraunhofer-Projektgruppe  
Regenerative Produktion  
Telefon +49 921 55-7300  
rolf.steinhilper@uni-bayreuth.de

### INSTITUT FÜR ENERGIEEFFIZIENZ IN DER PRODUKTION (EEP)

Das EEP verfolgt das Ziel, die Energiewende voranzubringen, indem es Potenziale für Energieeffizienz in der Produktion erforscht. Das Stiftungsinstitut recherchiert, welche messbaren Wertgewinne durch Energieeffizienz-Maßnahmen möglich sind. Für Politik und Gesellschaft werden Entscheidungsgrundlagen für nachvollziehbare und effektive Investitions- und Subventionsentscheidungen erarbeitet, um die Zahl von Fehlentscheidungen zu minimieren. Ein Schwerpunkt am EEP ist der Praxisbezug. Ziel ist die schnelle Entwicklung und Umsetzung von Lösungen für die Industrie mit innovativen und integrierten Systemen zur Steigerung der Energieeffizienz und hieraus folgenden signifikanten Reduzierungen von Verlusten.

Der 2. Energieeffizienz-Gipfel des EEP am 1. Juli 2014 im Stuttgarter Porschemuseum sensibilisierte die etwa 100 persönlich geladenen Entscheider aus Wirtschaft und Politik für das Thema Energieeffizienz.

Das Institut hat unter anderem die Aufgabe, halbjährlich einen Energieeffizienz-Index herauszugeben. Ende 2014 wurde der 3. Energieeffizienz-Index der deutschen Industrie veröffentlicht. Die Metastudie Energieeffizienz in Deutschland, die über 270 Publikationen zum Thema analysiert hat und daraus Handlungsempfehlungen ableitet, ist im September 2014 als Springer-Buch erschienen. Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Kfm. Alexander Sauer wurde 2014 als Leiter des EEP berufen und trat im Januar 2015 sein Amt an.

Weitere EEP-News zu Veranstaltungen und Ereignissen unter:  
[www.eep.uni-stuttgart.de](http://www.eep.uni-stuttgart.de)

**Prof. Dr.-Ing. Alexander Sauer**  
Institutsleiter des EEP  
Telefon +49 711 970-3600  
alexander.sauer@eep.uni-stuttgart.de

### INSTITUT FÜR INDUSTRIELLE FERTIGUNG UND FABRIKBETRIEB (IFF)

Die Forschungsschwerpunkte im Bereich Fabrikbetrieb umfassen Fabrikplanung und Produktionsoptimierung, Auftragsmanagement und Wertschöpfungsnetze, Komplexitätsmanagement, Nachhaltige Produktion und Qualität, Produktionsinformatik, Industrie 4.0, Smart Factory sowie Personalisierte Produktion.

Die Industrielle Fertigung wird am IFF mit dem Fokus auf Beschichtungssystem- und Lackiertechnik, Galvanotechnik, Fertigungsmesstechnik, Funktionale Materialien, Generative Fertigung/FDM adressiert.

Das IFF kooperiert eng mit dem Fraunhofer IPA. Interdisziplinär zusammengesetzte Forschergruppen mit langjähriger Erfahrung auf den genannten Arbeitsgebieten sind Garanten für erfolgreiche Projektabwicklung in der Auftragsforschung für öffentliche und industrielle Auftraggeber. Das IFF pflegt langjährige wissenschaftliche Kontakte und Kooperationen mit anderen Forschungseinrichtungen im In- und im europäischen Ausland.

Modern eingerichtete Fertigungsmess- und Versuchslabors, Versuchsfelder für Industrieroboter, CAD-Labor, Oberflächentechnik, Auftragsmanagementlabor sowie das Demonstrationszentrum für Industrie 4.0 werden gemeinsam mit dem Fraunhofer IPA betrieben.

Die IFF-Lernfabrik wurde 2014 zum Anwendungszentrum für Industrie 4.0 erweitert und am 20. September dem Minister für Finanzen und Wirtschaft, Dr. Nils Schmid, vorgestellt.

Weitere Informationen unter: [www.iff.uni-stuttgart.de](http://www.iff.uni-stuttgart.de)

**Prof. Onorific Dipl.-Ing. Jörg Siegert**  
Stellv. Institutsleiter des IFF  
Telefon +49 711 6856-1875  
joerg.siegert@iff.uni-stuttgart.de

### INSTITUT FÜR STEUERUNGSTECHNIK DER WERKZEUGMASCHINEN UND FERTIGUNGSEINRICHTUNGEN (ISW)

Das Institut für Steuerungstechnik der Werkzeugmaschinen und Fertigungseinrichtungen (ISW) der Universität Stuttgart zählt in Deutschland und international zu den führenden universitären Forschungsinstituten auf dem Gebiet der Fertigungstechnik. Am ISW werden seit 50 Jahren neben grundlagenorientierten Forschungsaktivitäten auch herausfordernde Aufgabenstellungen aus der Industrie erfolgreich bearbeitet.

Am ISW wird intensiv auf dem Gebiet der Automatisierung in der Fertigungstechnik geforscht, begonnen bei der Planung und dem Engineering, über die Steuerung und Regelung, die industrielle Kommunikation bis hin zu Antrieben und Sensoren sowie den nachgeschalteten mechanischen Komponenten. Organisatorisch ist das ISW in fünf Gruppen gegliedert: Planungssysteme und Engineering-Methoden, Industrielle Steuerungstechnik, Antriebs- und Regelungstechnik, Maschinentechnik sowie Mechatronische Systeme.

Beteiligt an beiden Stuttgarter Gewinnern der Exzellenzinitiative und dem Transregio 141 Biological Design and Integrative Structures, hat sich das ISW 2014 erneut als eines der besonders zukunftsorientierten und innovativen fertigungstechnischen Institute aufgestellt.

Zahlreiche internationale Kontakte, eine rege Publikationsaktivität, Industrienähe, der Fokus auf eine exzellente und nachhaltige Lehre, das Management der Bachelor- und Master-Studiengänge Mechatronik und schließlich die Kooperation mit dem Fraunhofer IPA machen das ISW zu einem Institut mit besonderem Potenzial.

**Dr.-Ing. Armin Lechler**  
Oberingenieur am ISW  
Telefon +49 711 6858-2462  
armin.lechler@isw.uni-stuttgart.de



Ivica Kolaric  
Geschäftsfeldleiter Automotive  
Telefon +49 711 970-3729  
ivica.kolaric@ipa.fraunhofer.de

## GESCHÄFTSFELD AUTOMOTIVE

### 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 Füge-technik und die Oberflächenbehandlung bis hin zum Recycling.

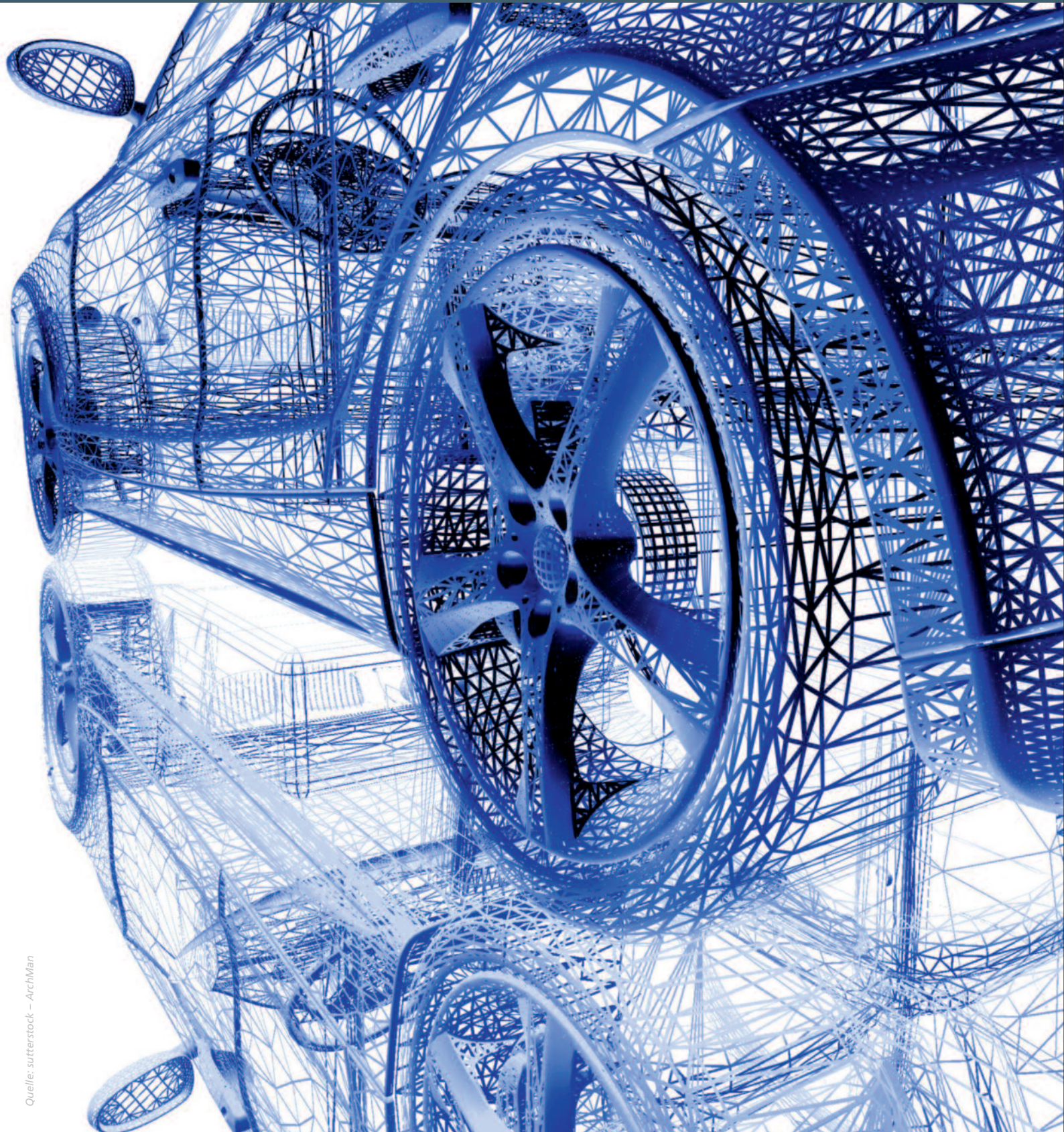
Wer sich vor 40 Jahren einen VW Golf zulegte, bekam für sein Geld rund 750 Kilogramm Auto. Seitdem hat das Mittelklassefahrzeug Speck angesetzt, ebenso wie alle anderen Autos. Die siebte Generation Golf bringt heute mindestens 1200 Kilo auf die Waage, als Premiummodell sogar 1,5 Tonnen. Viele neue Einbauten 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 Abspecken 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 zerren, 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. Die Grundlage dafür sollte sein, dass auch nach 20 Jahren und 200 000 Fahrkilometern keine Probleme auftreten. Mit Stahlblechen haben die Ingenieure mehr als ein Jahrhundert Erfahrung sammeln können. Jede Tätigkeit ist standardisiert, DIN-Vorschriften regeln noch die winzigsten Bauteile, vom DIN-Loch bis zur DIN-Schraube. Faserverstärkter Kunststoff ist dagegen weitgehend Neuland. Hier gibt es einen großen Forschungsbedarf.







Das Fraunhofer IPA nimmt sich diesem Thema in verschiedenen Disziplinen an und leistet daher einen erheblichen Beitrag zur Weiterentwicklung, sagt Ivica Kolaric, der das Geschäftsfeld Automotive leitet. Knapp die Hälfte der insgesamt rund 700 Mitarbeiter ist in irgendeiner Form mit dem Thema Leichtbau beschäftigt, wobei es vor allem um die Produktionstechnik von faserverstärkten Kunststoffen geht. 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.

Die Stärke des Instituts im Stuttgarter Südwesten ist seine Vielseitigkeit: Es erforscht den gesamten Werdegang des Verbundwerkstoffs, von der Herstellung über die Bearbeitung, die Füge-technik und die Oberflächenbehandlung bis hin zum Recycling. Und wenn ihm selbst die Expertise fehlt, kann es auf die Kompetenz anderer Fraunhofer-Institute zurückgreifen. So kooperiert es in der Fraunhofer-Allianz autoMOBILproduktion mit 18 anderen Instituten. Dadurch kann es Systemlösungen bieten, wo andere Institutionen nur für Detailfragen zuständig sind. Das Fraunhofer IPA ist in vielen Industriesparten engagiert, unterstützt aber vor allem die Autoindustrie. Denn hier gibt es den größten Forschungsbedarf. Natürlich spielt dabei auch der Standort eine Rolle, denn in Stuttgart und seiner Umgebung ballen sich die Autoproduzenten.

#### 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 zu teuer«, meint Kolaric. Dazu kommt, dass fast die gesamte Produktion von Kohlefasern von wenigen ostasiatischen Firmen stammt, sodass Unternehmen in eine unliebsame Abhängig-

keit 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. »Dieser Verbundwerkstoff könnte eine echte Alternative im Karosseriebereich werden«, ist Kolaric überzeugt.

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. Man spricht von Delamination. Bei Flugzeugen hilft man sich, indem die tragenden Carbon-Bauteile regelmäßig mit Ultraschall und anderen Verfahren auf solche Schwachstellen hin abgetastet werden. Zudem gibt es Bestrebungen, Sensoren in den Kunststoff einzubauen, die eine Gefahr rechtzeitig erkennen und Alarm schlagen. Doch für Autos sind solche Lösungen zu aufwendig und zu teuer. Die Stuttgarter Wissenschaftler verfolgen einen anderen, einfacheren Ansatz: Sie forschen an Nanopartikeln, die dem Verbundsystem zugegeben werden, indem man sie entweder unter das Epoxidharz mischt oder die Fasern damit beschichtet. Ziel ist, dem Werkstoff eine gewisse Duktilität zu verleihen. Dann zerbricht er 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

Viele Mitarbeiter des Fraunhofer IPA beschäftigen sich damit, den Herstellungsprozess von Carbon zu automatisieren, damit er sich für die Autoindustrie eignet. Hier steht die Forschung noch ganz am Anfang. Im Grunde geht es darum, zwei Komponenten zusammenzubringen: die Fasern und den 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. Automatisierungsspezialisten arbeiten daher an Robotersystemen, die die Gewebe automatisch in die Form einlegen. Das erfordert ganz neue Konzepte, denn die Carbon-Gelege sind schlaff wie ein Bademantel. Bisher haben es die Greifsysteme mit steifen Bauteilen zu tun, die ihre Form behalten, auch wenn man sie hart anpackt. Natürlich ist auch ein Controlling-System nötig, also Sensoren, die erkennen, ob die Gewebe und Gelege am Ende richtig in der Form liegen.

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: Kolaric kann sich vorstellen, die Kohlefasern, die im Carbon stecken, selbst als Heizung zu nutzen. Schließlich sind sie ebenfalls leitfähig.

#### Bearbeitung von Carbon erfordert ganz neue Werkzeuge

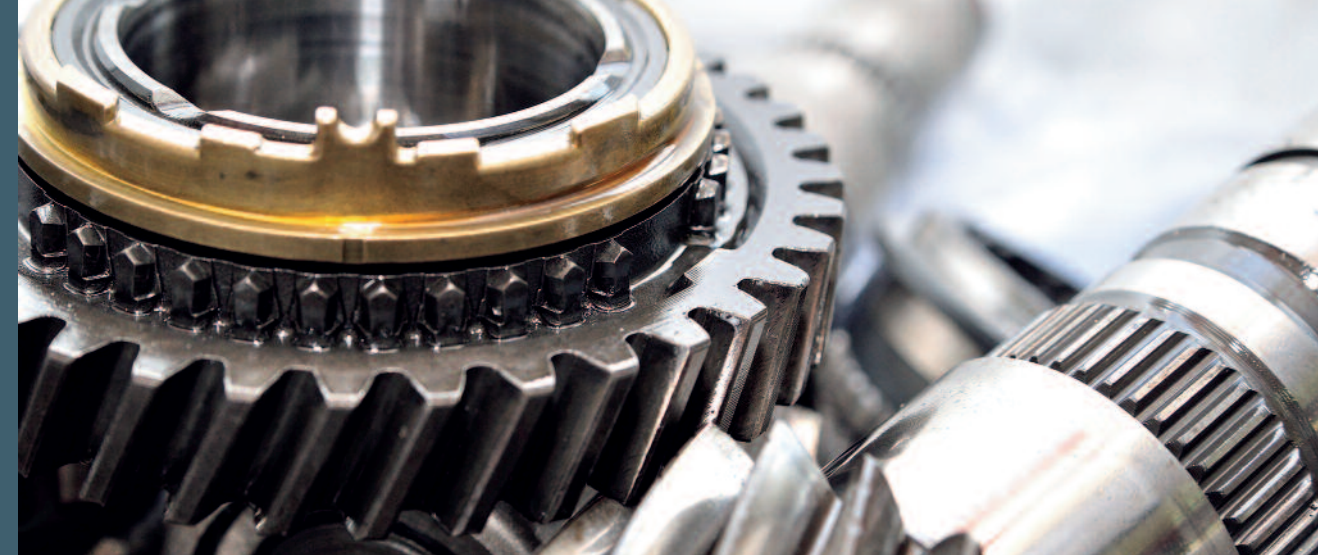
Kommt das Carbon-Bauteil schließlich aus der Form, lauern schon die nächsten Probleme. Jetzt geht es darum, Ränder nachzuarbeiten, Konturen zu fräsen, Bohrungen einzubringen. Eine ganze Abteilung am Fraunhofer IPA befasst sich mit der spanenden Bearbeitung von kohlenstofffaserverstärkte Kunststoffe und 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 verschleifen. Darunter leidet die Präzision. Doch eine voll automatisierte 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.

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. Infrage kommen etwa die Computertomographie oder die Shearographie. Bei der Shearographie wird das Bauteil erwärmt und mit einer Wärmekamera abgescannt. Um den Erfordernissen der Autobranche gerecht zu werden, müssen diese Verfahren nicht nur die kurzen Takt-





Quelle: iWorkAlone – Fotolia.com



Quelle: ioraks – Fotolia.com

zeiten der Autobranche einhalten, sie müssen auch Fehlerfreiheit garantieren und möglichst geringe Kosten verursachen.

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 hier beschäftigt sich das Fraunhofer IPA mit diesen Methoden. 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.

#### Oberflächenbehandlung als Schlüsselkompetenz

In unserem virtuellen Produktionsszenario ist das Auto nun weitgehend zusammengebaut. Nun muss es noch lackiert werden. Der Lack ist gewissermaßen die Visitenkarte eines Autos, denn er vermittelt den ersten Eindruck. Dabei geht es nicht nur um die Farbe, sondern auch um Glanz und einen edlen Eindruck. Zudem soll der Lack technische Aufgaben erfüllen: Er soll vor Korrosion schützen, gegen aggressive Sonnenstrahlung immun sein, Wassertropfen abperlen lassen, leicht zu säubern sein, und so weiter. Kurz: Lack ist nicht nur ein starkes Verkaufsargument, sondern auch technisch anspruchsvoll. 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 sich ausschließlich mit Beschichtungssystemen und Lackiertechnik. »Die Oberflächenbehandlung von Leichtbaumaterialien ist eine unserer Schlüsselkompetenzen«, betont Kolaric. 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. Und das Fraunhofer IPA mit seinem Geschäftsfeld Automotive steht hier an vorderster Front.

#### Automobilproduktion der Zukunft

Der kooperative Forschungscampus »ARENA2036« entwickelt neue, wettbewerbsfähige Produktionsmodelle. Während heute die Herstellung des Automobils am Band getaktet ist, soll es morgen entkoppelte, voll flexible und hochintegrierte Produktionssysteme geben. Forscher vom Fraunhofer IPA, der Universität Stuttgart und Vertreter aus Unternehmen wie Daimler und Bosch arbeiten an neuen Methoden zur Fertigung und Montage von Leichtbaufahrzeugen und prüfen sie auf Praxistauglichkeit. Das Forschungsprogramm konzentriert sich auf verschiedene Forschungsprojekte im Bereich der faserverstärkten Kunststoffe (FVK). Die aktuellen Startprojekte lauten: »LeiFu«: Intelligenter Leichtbau mit Funktionsintegration, »DigitPro« Digitaler Prototyp: neue Materialien und Prozesse, »ForschFab« Forschungsfabrik: Produktion der Zukunft, und »Khoch3« Kreativität, Kooperation, Kompetenztransfer.

#### Assistenzsysteme für die Produktion

Der Projektansatz »E<sup>3</sup>« gehört zur Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung Deutschland. Das Kürzel E<sup>3</sup> steht für »Effizient – Emissionsneutral – Einbindung des Menschen«. Ziel des Projektes ist es, maximalen Gewinn aus einem minimalen Einsatz von Kapital zu maximaler Wertschöpfung bei minimalem Ressourceneinsatz zu erzielen. Das Fraunhofer IPA hat drei Lösungen entwickelt, um den Menschen in die Produktion einzubinden: Assistenzsysteme für die Produktion, Modell zur Klassifizierung ultrakurzer Prozessketten und Cloud-basiertes Informationsmanagement. Im Bereich der Assistenzsysteme haben die Stuttgarter Wissenschaftler ein Konzept für eine körpergetragene Hebehilfe zur physischen Entlastung entwickelt. Dieses System soll dabei helfen, komplizierte und umständliche Programmier-, Bedien- und Interaktionsmethoden auszuhebeln.

#### Entwicklung passender Werkzeuge

Leichtbau ist Trend und die Branchen Automobilbau, Luftfahrt und Maschinenbau sind ohne Verbundwerkstoffe nicht mehr denkbar. In Unternehmen müssen das notwendige Wissen und die maschinelle Ausstattung geschaffen werden, was entsprechende Investitionen voraussetzt. In der Konsequenz heißt das: Richtig eingesetzt könnten Verbundwerkstoffe Keimzelle für neue Herstellmethoden anderer Produkte sein und so Produkt- und Produktionsinnovation vorantreiben. In der Abteilung Leichtbautechnologien fokussiert sich das Fraunhofer IPA auf Bearbeitungsmethoden, Funktionalitäten und die Entwicklung passender Werkzeuge. Im Geschäftsfeld Automotive werden Dienstleistungen entlang der branchenrelevanten Wertschöpfungskette angeboten. Spannende Bearbeitungsprozesse sowie Fügeverfahren stehen dabei im Vordergrund.

#### Graphen-basierte Elektroden

Die größten technologischen Herausforderungen der Zukunft bestehen darin, den hohen Anforderungen an die Mobilität gerecht zu werden und gleichzeitig verantwortungsbewusst und klimaschonend zu agieren. Denn nachhaltige Energiekonzepte und effektive Energieeinsparungen können nur mit alternativen Energiequellen umgesetzt werden. Das EU-Projekt »ElectroGraph« verfolgt einen technologischen Ansatz, um Superkondensatoren zu optimieren und ihre Anwendung im Automobilbereich zu realisieren. Das Fraunhofer IPA unterstützt das Projekt darin, Leitlinien zu schaffen, die einen sicheren Umgang mit neuartigen Graphen-Materialien in der Produktion, in der Verarbeitung und im Recycling etablieren. Superkondensatoren gehören aktuell zu den innovativsten, im Markt eingeführten Produkten im Bereich der elektrischen Energiespeicher.



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

## GESCHÄFTSFELD MASCHINEN- UND ANLAGENBAU

### TECHNOLOGISCHEN FORTSCHRITT SINNVOLL NUTZEN

Gesellschaftliche Megatrends wie Demografie, Urbanisierung, Individualisierung, Globalisierung und Nachhaltigkeit nehmen weitreichenden Einfluss auf unser Leben und damit auf die Unternehmen des Maschinen- und Anlagenbaus. Während sich Produktionslebenszyklen verkürzen, steigen die Anforderungen an Fertigungsanlagen im Produktionsspektrum kontinuierlich an. Die resultierenden komplexeren Technologien verlangen ebenso wie der globale Wettbewerb nach innovativen Ansätzen für die Produktion von morgen.

Als Antwort darauf engagiert sich das Fraunhofer IPA im Themenkomplex Industrie 4.0 intensiv mit den Instrumenten und Prozessen für die industrielle Produktion der Zukunft. Nur Unternehmen, die in der Lage sind, Arbeitsabläufe und Produktionseinrichtungen individuell an die jeweils geforderten Vorgaben anzupassen, werden ihre Führungsrolle halten und nachhaltig ausbauen können. Eine intelligente Vernetzung und der flexible Einsatz digitaler Werkzeuge weisen hier den Weg. Der wissenschaftliche Beirat der Plattform Industrie 4.0 hat in 17 Thesen beschrieben, was im Zuge von Industrie 4.0 mit Mensch, Technik und Organisation passieren wird. Die skizzierten Arbeiten am Fraunhofer IPA orientieren sich an diesen Thesen und füllen sie mit Leben.

*Herr Stahl ist Hersteller von Baumaschinen. Sein Unternehmen produziert für den weltweiten Markt in seiner Fertigung rund 15 000 Stück pro Jahr. In naher Zukunft erwartet Herr Stahl ein Wachstum von 50 Prozent. Die Stückzahl muss auf gleicher Fläche und ohne Nachtschicht gesteigert werden. Gemeinsam mit dem Fraunhofer IPA nimmt der Unternehmer den Status quo und die Probleme seiner Firma unter die Lupe.*

Nach herkömmlichen Vorgehensweisen erfolgt die Erfassung von Prozessen und Produkten in Workshops oder über Notizen und Aufschriebe mit Hilfe von Zettel und Stift. Die aufgenommenen Daten werden dann zunächst an einem zentralen Ort gesammelt und zu einem umfassenden Dokument vereint.

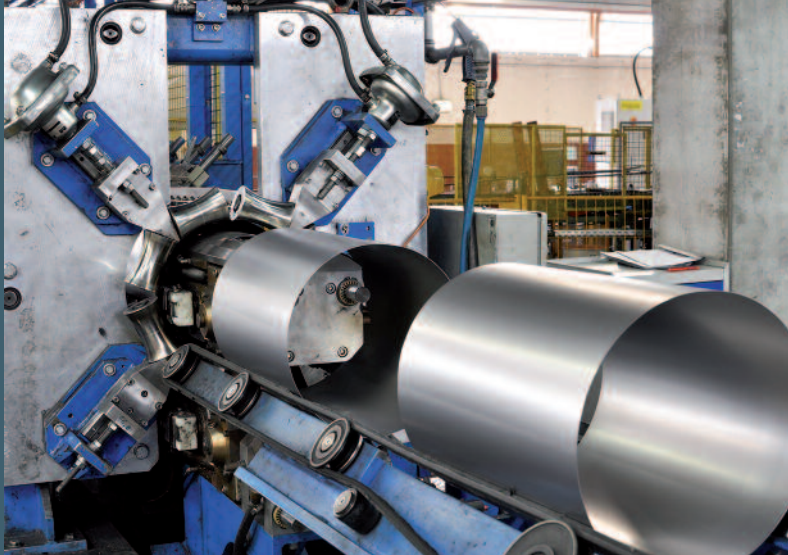
#### **Kaizen-App: Zentraler Problemmelder für die Produktion**

Was im Privatleben längst alltäglich ist, erobert nun die Produktion: Manufacturing Apps unterstützen die Erfassung, Überwachung sowie Analyse, Auswertung, Visualisierung und Kommunikation von Daten und Informationen. Die Apps steigern die Reaktionsfähigkeit und Effizienz in der Produktion. Nicht zuletzt bieten sie die Chance, gemäß dem Grundverständnis von Industrie 4.0 als sozio-technisches System, das Aufgabenspektrum, die Qualifikation und Handlungsspielräume der Mitarbeiter zu erweitern sowie ihren Zugang zu Wissen deutlich zu verbessern.

Eine am Fraunhofer IPA für die Dokumentation und Analyse eigens zugeschnittene Kaizen-App wirkt als zentraler Problemmelder, der es erlaubt, mit dem Smartphone jederzeit einen bestimmten Fehler aufzunehmen, zu dokumentieren und so die Produktion kontinuierlich zu verbessern. Die Applikation gibt eine Übersicht über alle aktuell vorhandenen Schwierigkeiten. Die Momentaufnahmen werden kategorisiert und mit einer Priorisierung versehen.

*Die Produkt- und Prozessanalyse durch das Fraunhofer IPA deckt Schwächen in Fertigung, Montage und Logistik auf. Herr Stahl konzentriert sich in der Konzeptphase seines Optimierungsvorhabens auf diese Bereiche und erwartet nun Vorschläge für methodische und technische Lösungen.*





Quelle: Industrieblick – Fotolia.com



Quelle: dasgläserne – Fotolia.com



Quelle: Nataliya Hora

Die herkömmliche Ausplanung eines Montage- und Logistiksystems erfolgt mit Excel-Tabellen oder Papier und Bleistift. Dabei kommt ein erprobtes Modell zum Einsatz, welches die von Kundeninformationen getriebene Montageplanung über die Layout-Planung mit der lieferantenorientierten Logistikplanung verzahnt. Das Planen einer »Mixed Model Line« gilt als Königsdisziplin: Je mehr Arbeitshalte und Stationen ein Montagesystem umfasst und je mehr Produktvarianten zu fahren sind, desto eher stößt der Planungsprozess an seine Grenzen.

#### Operations Research: Hochkomplexe Arbeitsaufteilung über die Montagelinie

Die Bewirtschaftung von Komplexität entwickelt sich in naher Zukunft zum entscheidenden Wettbewerbsfaktor. Die Vernetzung und Individualisierung von Produkten und Geschäftsprozessen durch Industrie-4.0-Anwendungen erzeugt Komplexität, welche durch Modellierung, Simulation oder Selbstorganisation gehandhabt wird. Analysen werden beschleunigt, Lösungen schneller gefunden.

Ein am Fraunhofer IPA entwickelter Planungsalgorithmus unterstützt die optimale Arbeitsaufteilung auf Stationen bei Mixed Model Lines für die Montage verschiedener Varianten und Produktfamilien. Der Algorithmus löst die hochkomplexe Arbeitsaufteilung über die Montagelinie und reduziert signifikant den nötigen Rüst- und Einstellungsaufwand. Er legt verschiedene Vorranggraphen unter Berücksichtigung definierter Randbedingungen übereinander. Das Ergebnis: Eine optimale Ausstattung des Prozesses bei minimaler Stationszahl. Die Routenoptimierung der Linienversorgung ermittelt das Optimum aus Versorgungssicherheit der Linie, hoher Lieferfrequenz sowie einer idealen Auslastung der Routenzüge.

Die Methoden des Operations Research unterstützen wirkungsvoll den komplexen Planungsprozess für Mixed Model Lines. Eine durch Industrie 4.0 angestrebte Individualisierung von Herstellungsprozessen wird auf diese Weise beherrschbar.

Gerade mittelständische Unternehmen fertigen oft in sehr kleinen Losgrößen auf Auftragsbasis und haben einen erhöhten Bedarf an Flexibilität. Die Automation von Produktionsprozessen findet heute mit roboterbasierten Systemen statt, deren Ramp-up mit hohem Zeit- und Kostenaufwand verbunden ist. Die Systeme können deshalb nur bei Produktion großer Stückzahlen wirtschaftlich eingesetzt werden. Für kleine Mengen ist ihre Inbetriebnahme bisher zu aufwendig und zeitraubend und damit zu teuer.

#### ReApp: Flexibilität für roboterbasierte Automatisierungslösungen

Gebraucht werden Automatisierungslösungen, die kurze Rüstzeiten und eine Wiederverwendung in Produktionsprozessen ermöglichen. Das am Fraunhofer IPA entwickelte Tool ReApp steigert maßgeblich die Wirtschaftlichkeit und Flexibilität roboterbasierter Automatisierungslösungen. Das Instrument definiert standardisierte Schnittstellen und legt Bibliotheken von Hardware- und Softwarekomponenten an. Zudem definiert es eine Anwendungsschnittstelle und einen werkzeuggestützten Entwicklungsprozess. ReApp beschleunigt die Integration und Programmierung und damit letztlich den »Einlernprozess« der an der Automatisierung beteiligten Hardware.

Im Zuge der Umsetzung von Industrie 4.0 integrieren neue und etablierte Wertschöpfungsnetze mit Mehrwert Produkt, Produktion und Service und ermöglichen die dynamische Variation von Arbeitsteilung. ReApp erweitert den Markt für Industrieroboter und sichert Systemintegratoren, Roboter- sowie Komponentenherstellern einen Wettbewerbsvorteil. Eine Anwendungsschnittstelle und Integrationsplattform von ReApp für die Einbindung von Softwarebausteinen von Drittanbietern trägt zur Öffnung des Automatisierungsmarktes bei und erschließt neue Geschäftsfelder.

Die Rüstzeit einer Produktionsmaschine oder Fertigungslinie wird heute nach dem SMED-Verfahren (Single Minute Exchange of Die) optimiert. Die Umsetzung von SMED erfolgt über her-

kömmliche Informationsträger wie Zeichnungen, Auftragsblätter oder Arbeitsanweisungen und birgt die Gefahr von Medienbrüchen oder Kommunikationsproblemen.

#### Rüst-App: Situativer Workflow in der Fertigung

Eine vom Fraunhofer IPA entwickelte Rüst-App unterstützt Mitarbeiter auf der Fertigungsebene. Sie fördert einen dynamischen situativen Workflow und die Prozessoptimierung in der Teilefertigung. Der Ansatz folgt der Idee von Industrie 4.0, dass Zukunftssysteme für den Anwender einfach zu verstehen und intuitiv zu bedienen sind.

Die Innovation der Rüst-App liegt in der zeitnahen Bereitstellung von Informationen direkt am Arbeitsplatz bzw. an der Maschine. Deren visuelle, strukturierte und übersichtliche Form erleichtert den situativen Umgang mit Problemen. Arbeitsabläufe des Rüstprozesses werden von der Applikation visualisiert und digitale Arbeitsanweisungen bereitgestellt. Die Rüst-App bietet eine hohe Reaktionsfähigkeit insbesondere bei Prozessänderungen. Rüstvorgänge gewinnen so für Planer und Bediener deutlich an Transparenz.

*Das Toyota-Produktionssystem hat Herrn Stahl seit jeher fasziniert. Die hohe Qualität seiner Produkte liegt dem Unternehmer am Herzen – auch wenn die Messlatte nicht immer erreicht wird. Im Zuge des aufgelegten Veränderungs- und Optimierungsprozesses will Herr Stahl deshalb das Thema Qualität kritisch betrachten.*

Eine systematische Qualitätsplanung und -sicherung gehört heute zum Standard jedes Unternehmens. Für dieses Aufgabenfeld stehen zahlreiche Methoden zur Verfügung. Die Palette reicht von Fehlerbaumanalyse und Poka Yoke über 8D-Report oder A3-Methode bis zu Six-Sigma und verschiedenste Audits. Bisher stellen in der Qualitätssicherung definierte Prüfmerkmale die Einhaltung von Toleranzen hergestellter Komponenten sicher und entscheiden so über Weiterverarbeitung oder Ausschuss. Doch es geht auch anders.

#### Messtechnik: Qualitätssicherung durch Inline-Kamerasysteme

Mit Industrie 4.0 werden sich die Messtechnik und damit auch die Inline-Messtechnik weitreichend verändern. Die Vernetzung von Komponenten erfolgt einfacher und kostengünstiger, Qualitätsregelkreise sind leichter realisierbar. Die Qualitätssicherung der Zukunft wird im Sinne einer »Smart Assembly« Prüfergebnisse jeder Komponente individuell zuordnen und IT-technisch hinterlegen. Wesentliche Voraussetzung: Die Verfügbarkeit standardisierter Schnittstellen. Kamera-basierte Prüfsysteme werden in Zukunft über alle Phasen des Produktionsprozesses schneller und kostengünstiger als bisher implementiert.

Ein neues, am Fraunhofer IPA entwickeltes System zur virtuellen Bildverarbeitung ersetzt reale Bilder durch sensorrealistische Bildsimulationen und trägt dazu bei, Qualität auf neuem Weg zu optimieren. Messdaten werden durch festinstallierte Elemente im Fertigungssystem automatisch digital erfasst. Das Überwachungstool registriert Musterbrüche und kann so Fehler erkennen. In der Planung können mit Hilfe der neuartigen Bildverarbeitungssysteme Prüfobjekte ohne zeit- und kostenintensive Tests und Aufbauten optimal angeordnet werden.

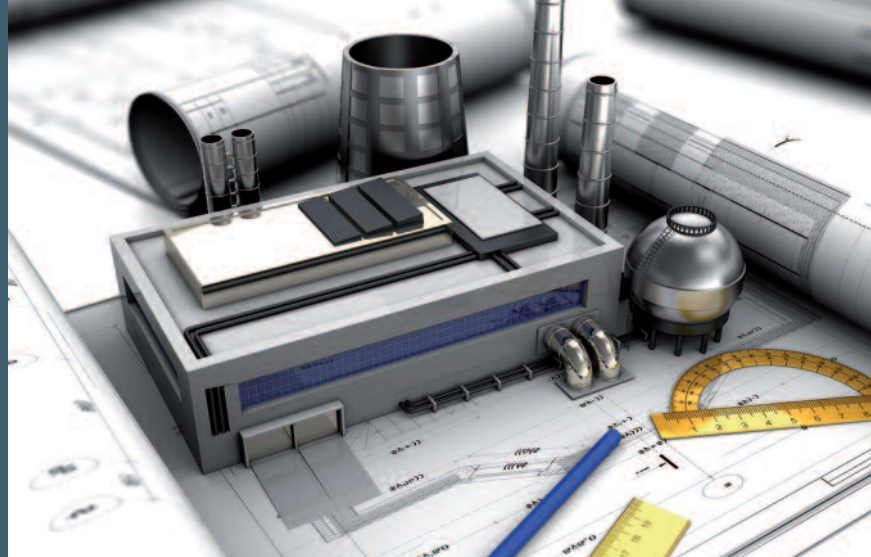
Die Implementierung profitiert von der effizienten Entwicklung von Algorithmen und Verfahren mittels simulierter Bilder realer Szenen. Eine vollständige Simulation der Bilder fehlerhafter Szenen sowie Szenen des Einsatzorts führen im Anlernprozess, basierend auf Trainingsdaten, zu robusteren Algorithmen. Die Inbetriebnahme kann vor der Auslieferung und ohne Hardware als virtuelle Inbetriebnahme begonnen werden. In der Abnahme wird die Herstellung fehlerhafter Bauteile vermieden. Und im Betrieb ermöglicht künftig eine Offline-Programmierung anhand simulierter Bilder Produktwechsel ohne Stillstände.

*Die Ergebnisse der Prozess- und Produktanalyse führen Herrn Stahl auf die Spuren seiner Lackieranlage. Hier liegen ungenutzte Optimierungspotenziale brach. Insbesondere das Thema Instandhaltung bereitet Herrn Stahl Kopfzerbrechen.*

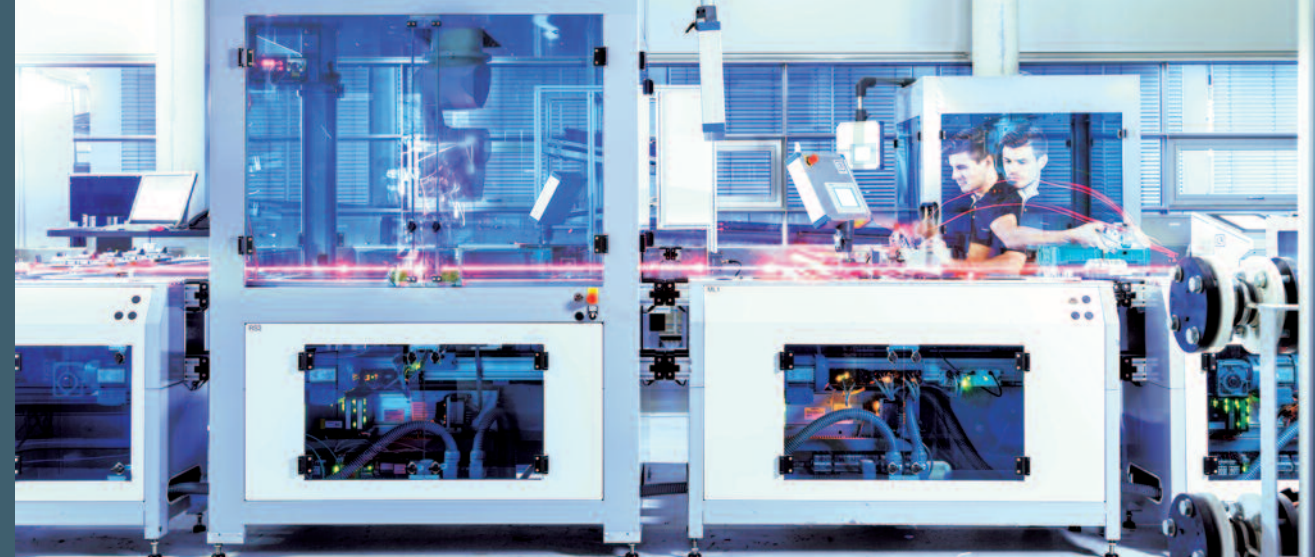




Quelle: Messe Stuttgart



Quelle: Maxim Kazmin - Fotolia.com



Ihre steigende Komplexität sowie eine kompaktere Bauweise von Maschinen und Anlagen erschweren die Durchführung typischer Instandhaltungsaufgaben. Zugleich zeigen sich viele Bauteile zunehmend anfällig für Verschleißerscheinungen oder Defekte. Klassische Wartungs- und Instandhaltungskonzepte sollen ungewollte Anlagenausfälle vermeiden und eine möglichst hohe technische Verfügbarkeit der Anlage gewährleisten. Die standardisierten Maßnahmen eines herkömmlichen Instandhaltungssystems werden dabei durch den Erfahrungsschatz der Mitarbeiter wirkungsvoll ergänzt.

#### **Predictive Maintenance: Dynamische Anpassung von Instandhaltungsstrategien**

Eine vorausschauende Instandhaltung (Predictive Maintenance) fokussiert auf die Beobachtung und Messung des Maschinenzustands und wird nur dann aktiv, wenn ein Fehler tatsächlich erkannt wird. Das Fraunhofer IPA beteiligt sich als technischer Key-Player an dem europäischen Projekt SUPREME (Sustainable Predictive Maintenance for Manufacturing Equipment). Das Projekt fokussiert auf eine sensorgestützte, prognostische Instandhaltung und stellt Instrumente für die dynamische Anpassung von Instandhaltungs- und Betriebsstrategien an den aktuellen Zustand kritischer Komponenten von Produktionsmitteln zur Verfügung. Hauptziel ist eine Steigerung der Verfügbarkeit bei gleichzeitiger Reduktion von Instandhaltungskosten und Energieverbrauch.

Mit Hilfe seiner dynamischen Datenbasis erlaubt SUPREME eine Momentaufnahme kritischer Maschinen- und Anlagenkomponenten. Neu entwickelte, drahtlose Sensoren liefern die Daten für Prognose- und Verschleißmodelle. Die Entwicklung und Nutzung neuer digitaler Werkzeuge zur dynamischen Anpassung der Instandhaltungsstrategie unter Berücksichtigung des Produktionsplans wird vorangetrieben. Eine Test-Plattform in der Papierindustrie wurde bereits entsprechend ausgestattet. Aktuell steht für SUPREME die Entwicklung und Erprobung dreier eng miteinander interagierender Module (ECMS, Instandhaltungs-

und Zuverlässigkeitsmodul, intelligentes Kontroll- und Data-Mining-Modul) sowie die Integration der im Projekt entstandenen Algorithmen und Methoden auf dem Programm.

An Predictive Maintenance zeigen sich Prinzip und Nutzen von Industrie 4.0 besonders deutlich: Eine verbesserte Produktionsplanung, längere Laufzeiten ohne ungeplante Stillstände sowie die höhere Verfügbarkeit der Maschinen bieten klare Vorteile für ihre Anwender. Die vorausschauende Wartung von Maschinen und Anlagen auf Basis von Echtzeitdaten ist ein typisches Szenario für den Einsatz von cyberphysischen Systemen, einem Kernstück von Industrie 4.0. Maschinen- und Anlagenbauer können durch eine solche Umsetzung ihr Servicegeschäft mit Hilfe vernetzter und intelligenter Maschinen gezielt ausbauen.

*Herr Stahl möchte ein Gespür für die Machbarkeit entwickeln und mögliche Risiken detailliert kennen. Er wünscht sich eine Evaluation der Ergebnisse aus der Konzeptionsphase. Die Frage, ob die erarbeiteten Ansätze wirklich funktionieren, muss für ihn erst klar beantwortet sein, bevor der Unternehmer den Startschuss für eine Umsetzung geben wird.*

#### **Simulation: Evaluation von Konzepten für Fertigung, Montage und Logistik**

Die Evaluation und Überprüfung von Konzepten für Fertigung, Montage und Logistik findet heute in der Regel durch Kalkulationen auf Excel-Basis statt. Ein am Fraunhofer IPA entwickeltes Excel-basiertes Simulationstool kann diese Aufgabe künftig übernehmen. Mit Hilfe der Simulation werden vorgestellte Lösungen überprüft und feinjustiert. Das Instrument kann vom Kunden selbst genutzt und gegebenenfalls passgenau adaptiert werden. Resultat ist eine höhere Akzeptanz vorgelegter Konzepte sowie geringere Probleme bei der Umsetzung. Das Excel-basierte Simulationstool liefert im Vergleich zu bestehenden Simulationstools eine schnelle Aussage über den aktuellen Zustand der Produktion. Es liefert Optimierungspotenziale ohne zusätzliche Anschaffung von Softwarelösungen.

*Nach der Konzeption und Evaluierung stehen verschiedene Szenarien zur Verfügung. Herr Stahl kann zielgerichtet ein Montage-, Logistik-, Fertigungs- und Lackierkonzept auswählen. Um stets den Überblick über seine Produktion bei Ramp-up und Betrieb zu behalten, wünscht sich der Unternehmer noch eine transparente Darstellung der aktuellen Zustände in seiner Produktion.*

#### **Cloud MES: Kontrolle und Visualisierung in Anlauf und Betrieb**

Nachverfolgbarkeit in der Produktion wird traditionell über Strichlisten, Shopfloor Management, farbliche Segmentierung und Markierung, bildgebende Verfahren wie Fotos oder Videos oder auch Tafeln mit Auswertungen oder Templates generiert. Auf einem etwas stärker technisierten Niveau ermöglichen Produktionssysteme (Manufacturing Execution Systems MES) die Erstellung von Kennzahlen-Dashboards.

Das am Fraunhofer IPA konzeptionierte und von einem Partner entwickelte Cloud MES gibt Auskunft, wo sich ein konkretes Produkt in der Produktion gerade befindet. Es ist ein wichtiger Schlüssel, um Produktionsprozesse optimal zu planen, Objekte nachzuverfolgen und Optimierungspotenziale freizusetzen. Das MES zeichnet sich durch seine Auslegung für Cloud-Anwendungen aus und steht damit für eine innovative Vorgehensweise nach Industrie 4.0.

Cloud MES integriert Datentracking, Rezeptverwaltung und Prozessplanverwaltung sowie die Überwachung der Ausführungsreihenfolge im Prozessplan oder die Anweisung zur Bearbeitung eines bestimmten Produkts auf einer zugeordneten Produktionsanlage. Das System erstellt Listen über alle Produktionsanlagen für das jeweils als nächstes auszuführende Produkt. Dabei erlaubt es, für einzelne Produktionsschritte Alternativen anzubieten und dabei Qualitätsmerkmale, Gesamtauslastung sowie Durchlaufzeiten zu berücksichtigen. Die Datenintegration des Cloud MES auf Shopfloor-Ebene erfolgt über eine Mobile

Device Infrastruktur. Mittels Near Field Communication (NFC) Tags an Prozessschritten, Equipment wie auch Produkten identifiziert das System berührungslos die an der Nachverfolgung beteiligten Objekte.

#### **KPI-App: Kennzahlen-Cockpit mit intuitiver Bedienung**

Die dezentrale Planung und Steuerung der Produktion ist Aufgabe der am Fraunhofer IPA entwickelten KPI-App. Die Applikation dient der Prozessplanung und -überwachung sowie einem aktiven Eingreifen in die Produktionsprozesse in Echtzeit. Das Kennzahlen-Cockpit steht für die konsequente Ausschöpfung aller technologischen Eigenschaften mobiler Endgeräte in der Fabrik.

Während die Benutzeroberflächen von MES eher statisch angelegt sind, setzt die KPI-App auf eine sehr dynamische Benutzeroberfläche mit einer einfachen und schnellen Bedienung via Drag & Drop. Kennzahlen und Produktionsressourcen können als Point of Interest bedarfsgerecht zusammengestellt und so die Übersicht bzw. Auswertungen individuell und zeitnah angepasst werden. Dies ist insbesondere mit zunehmender Flexibilisierung und Individualisierung des Produktionsgeschehens im Zuge von Industrie 4.0 von Bedeutung. Die KPI-App zeigt die cyberphysischen Systeme in der Produktion wie Drehmaschine oder Fräse an und ordnet diesen auf Basis des von den Maschinen generierten Datenbestands aktuelle Kennzahlen zu. Die angezeigten KPIs können nach Kategorien geordnet und ausgewertet werden, zeitliche Verläufe sind ebenfalls darstellbar. Für definierte Situationen sind in der App Templates, Muster und Vorlagen hinterlegt, zudem sind mehrere Datenbanken integriert und eine dezentrale Datenbereitstellung vorgesehen.

*Herr Stahl kann sich einen Einstieg in die Welt von Industrie 4.0 sehr gut vorstellen. Er interessiert sich für eine ganzheitliche Lösung zur Erneuerung seiner Produktion. Der Unternehmer ist mittlerweile entschlossen, seine Firma auf sich ändernde Marktbedingungen aktiv vorzubereiten.*



Dr.-Ing. Udo Gommel  
Geschäftsfeldleiter  
Elektronik und Mikrosystemtechnik  
Telefon +49 711 970-1633  
udo.gommel@ipa.fraunhofer.de

## GESCHÄFTSFELD ELEKTRONIK UND MIKROSYSTEMTECHNIK

### REIN INS ALL

Bauteile, die bei einer Weltraum-Mission eingesetzt werden, müssen penibel gereinigt sein. Das Fraunhofer IPA hat sich hier innerhalb weniger Jahre einen Namen gemacht – vor allem, weil es nicht nur reinigt, sondern auch exakte Aussagen über die Qualität seiner Arbeit machen kann. Dafür stehen dem Stuttgarter Institut hochpräzise Analyse-Geräte zur Verfügung. Zudem verfügt es über die aufwendigsten Reinräume weltweit.

Alles begann mit einer überraschenden Anfrage. Die Europäische Raumfahrtagentur ESA wollte wissen, ob das Fraunhofer IPA in der Lage sei, verschiedene Bauteile einer Mars-Mission zu sterilisieren. Udo Gommel, der Leiter des zuständigen Geschäftsfeldes »Elektronik und Mikrosystemtechnik«, rechnete sich keine großen Chancen aus, diese anspruchsvolle Aufgabe anpacken zu können. Denn er war nicht der Einzige, der gefragt wurde. Außerdem konnte er keinerlei Erfahrungen in der Luft- und Raumfahrt vorweisen. »Ich dachte, als Produktionstechniker fliege ich gleich wieder raus«, erinnert er sich. Immerhin kannte er sich mit dem Reinigen filigraner elektronischer Bauteile aus, etwa in den Bereichen Halbleiterindustrie oder Medizintechnik. Zudem konnte er mit einem der besten Reinraumlabore weltweit punkten. Und das gab letztlich den Ausschlag: Er bekam den Job. Das war vor sieben Jahren. Inzwischen ist die Luft- und Raumfahrt zu einem festen Standbein in seinem Geschäftsfeld geworden. Derzeit laufen rund 20 Projekte mit unterschiedlichen Schwerpunkten. »Wenn man einmal in der Branche Fuß gefasst hat, wird man herumgereicht«, sagt Gommel. Immer wenn es um besonders schwierige Fragestellungen geht, wenn kommerzielle Lösungen nicht greifen und Forschung gefragt ist, sind die Stuttgarter im Rennen.

#### Sicherheit hat höchste Priorität

In der Luft- und Raumfahrt hat die Sicherheit höchste Priorität, denn es geht um Menschenleben – und um viel Geld. Stürzt ein Flugzeug ab, sterben gleich Hunderte Passagiere. Und eine Weltraum-Mission kostet oft so viel wie ein ganzer Wolkenkratzer. Da sich eine unbemannte Raumsonde, einmal gestartet, nicht mehr reparieren lässt, kann schon das Versagen

eines Cent-Bauteils zum GAU führen. Dann waren alle Anstrengungen umsonst und die Wissenschaftler müssen viele Jahre auf eine Ersatzmission warten. »Failure is not an option«, heißt es deshalb in der Luft- und Raumfahrt. Kein Bauteil, kein Aggregat darf versagen. Verschmutzungen spielen dabei eine ganz besondere Rolle. Denn Schmutz ist Gift für alle Materialien: Er kann die Mechanik blockieren, einen Kurzschluss verursachen oder die Elektronik stören. Besonders heikel wird es, wenn es sich um eine Sonde handelt, die Spuren von Leben auf einem fremden Planeten suchen soll. Genau darum geht es bei der europäischen Mars-Mission »ExoMars«, mit der sich die Stuttgarter noch immer befassen.

Im Jahr 2018 soll »ExoMars« starten. Eine Landefähre wird dann auf dem Nachbarplanet aufsetzen und ein Gefährt von der Größe eines Smart losschicken. Damit seine Sensoren, die nach Leben suchen, zuverlässig arbeiten können, darf er kein organisches Material von der Erde einschleppen. Sonst geht es ihm wie seinem amerikanischen Vorgänger »Curiosity«, der 2012 einen Erfolg meldete. Die Experten analysierten die gefundenen Substanzen monatelang mit bordeigenen Mitteln – bis sie zu dem Schluss kamen, dass es sich um einen Fehlalarm gehandelt hatte: Die Geräte hatten irdische Kontaminationen detektiert. Um solche Pannen zu verhindern, müssen alle Bauteile absolut keimfrei sein. Nicht einmal Reste toter Mikroben dürfen in Ritzen kleben.

Auch aus ökologischen Gründen ist solche Pedanterie inzwischen fester Bestandteil der Raumfahrt. Institutionen wie die ESA und die NASA haben sich im »Planetary Protection Program« dazu verpflichtet, keine Keime von der Erde auf andere Planeten





einzuschleppen. Außerdem müssen sie Vorsorge treffen, dass keine riskanten Substanzen von fremden Welten zur Erde gelangen – falls ein Rückflug geplant ist. Euphorische Szenen wie 1969 wären heute undenkbar. Damals wurden die ersten Mondfahrer, kaum zurück, von vielen begeisterten Menschen umarmt. Und sie überreichten dem damaligen Präsidenten Richard Nixon ein Köfferchen mit Mondgestein. Inzwischen gibt es einen speziellen »Planeten-Sicherheits-Beauftragten«, der aufpasst, dass so etwas nicht mehr passiert und alle Regeln eingehalten werden. In Stuttgart ist er oft zu Gast.

#### Der reinste Reinraum der Welt

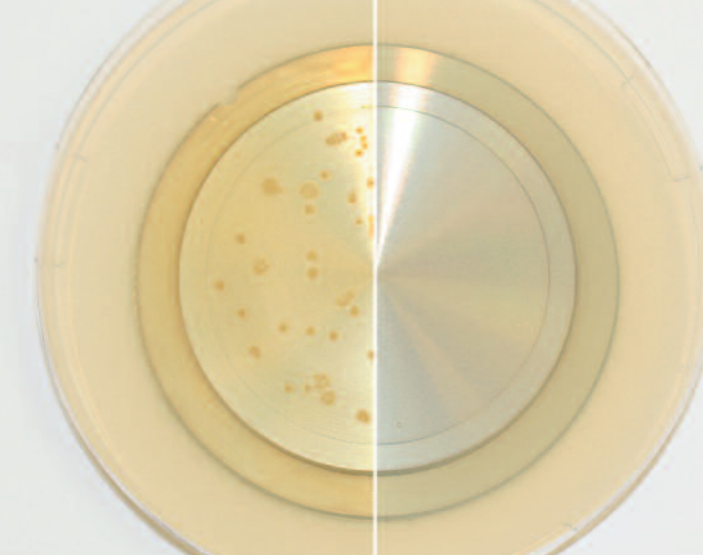
Um den Mars-Rover zuverlässig sterilisieren zu können, haben die Stuttgarter Experten für die ESA einen Reinraum konzipiert und im niederländischen Noordwijk, dem Sitz des Europäischen Weltraumforschungs- und Technologiezentrums (ESTEC), eingerichtet. Denn eine sichere Reinigung ist nur in einem Reinraum möglich, sonst würden die unzähligen Staubpartikel, die in der Luft schweben, sofort wieder für eine Kontamination sorgen. Der aufwendigste Reinraum weltweit befindet sich am Fraunhofer IPA. Er genügt den höchsten Reinheitsanforderungen, der ISO-Klasse 1. Das bedeutet, dass ein Kubikmeter Luft nicht mehr als 10 Partikel von 0,1 Mikrometer Größe enthalten darf. In einem Raum der ISO-Klasse 9, einem Reinraum von vergleichsweise schlechter Qualität, wären es  $10^9$  Partikel, also eine Milliarde Mal so viele. In normaler Stadtluft schwirren rund  $10^{13}$  Partikel in jedem Kubikmeter, bei Smog noch mehr. Um die höchste Reinheitsstufe einhalten zu können, muss man einen hohen Aufwand treiben. Das merkt der Besucher schon, wenn er das IPA-Gebäude betritt: Gleich hinter der Tür versperrt ihm ein kniehohes Bord den Weg. Bevor er ihn übersteigt, muss er Plastik-Überschuhe anziehen. An Rauchen ist im ganzen Gebäude nicht zu denken. Diese Vorkehrungen verringern die Partikelzahl allerdings nur um den Faktor 10.

Die eigentlichen Reinnräume, nur über Schleusen zu betreten, sind hermetisch abgeschlossen: eine Art Haus im Haus. Man sieht die Wissenschaftler in ihren sterilen Anzügen hinter hohen

Glaswänden hantieren. Im Inneren herrscht ein leichter Überdruck, damit keine ungefilterte Luft eindringen kann. Zudem sorgt eine laminare Luftströmung, die von der Decke zum Boden führt, dafür, dass kein Staubkörnchen im Raum bleibt. Bei einer Strömungsgeschwindigkeit von 50 Zentimetern pro Sekunde wird die gesamte Raumluft innerhalb weniger Sekunden ausgetauscht. Partikel, die etwa entstehen, wenn ein Wissenschaftler seine Handschuhe aneinander reibt, verschwinden im Nu im perforierten Boden. Damit es keine Verwirbelungen gibt, was den Luftaustausch stören würde, haben die Ingenieure auf einen Deckenkran verzichtet. Die gesamte Decke ist mit Filterelementen belegt. Und der Boden ist aufgeständert, um die Luft sauber absaugen zu können. In diesem ultrareinen Umfeld kann man sogar messen, wieviel Abrieb beim Bewegen eines Roboterarms oder eines Kabels entsteht. Ähnliche Anlagen der ISO-Klasse 1 gibt es weltweit nur in Holland und Rumänien. Beide wurden von IPA-Experten konzipiert. Die Stuttgarter Reinnräume sind allerdings die größten. Der imposanteste hat eine Höhe von 6,50 Metern. Sein aufgeständerter Boden kann eine Last von 6 Tonnen pro Quadratmeter tragen, was ihn einzigartig auf der Welt macht.

#### Kohlendioxid-Schnee und Ultraschallverfahren

Für das Sterilisieren des Mars-Rovers hat sich ein Verfahren bewährt, das am Fraunhofer IPA entwickelt und zum Patent angemeldet wurde. Eigentlich handelt es sich um eine Weiterentwicklung. Denn ursprünglich wurde das Verfahren in den USA angewandt, um den Lack von Flugzeugrümpfen zu entfernen. Ein harter Strahl aus reiskorngroßen Kristallen von gefrorenem Kohlendioxid sprengt dabei die Farbe regelrecht vom Metall ab. Die Stuttgarter haben das grobe Instrument stark verfeinert. Anstatt Eiskristallen verwenden sie Kohlendioxid-Schnee. Der Clou: Der Strahl, der aus der Düse kommt, wird mit einem umhüllenden Stickstoffstrahl zusätzlich beschleunigt. So dringt er in alle Ritzen und entfernt noch die kleinsten Verschmutzungen. Sobald die winzigen Schneeflocken auf die relativ warme Oberfläche treffen, werden sie gasförmig, wobei sich ihr Volumen explosionsartig um das 800-fache ausdehnt.



Der Detonationsdruck fegt jeden Schmutz restlos weg, sogar Fingerabdrücke, die das kalte Gas zuvor spröde gemacht hat. Der einzige Nachteil: Kohlendioxid ist teuer. Für 1000 Euro bekommt man gerade 30 Kilogramm – und die sind schon nach zehn Minuten verpufft. Das Fraunhofer IPA hat deshalb eine Aufbereitungsanlage installiert, die allein 800 000 Euro gekostet hat.

Der Kohlendioxid-Beschuss ist nur eine von vielen Möglichkeiten, um industrielle Bauteile zu reinigen. Es gibt rund drei Dutzend weitere Verfahren, in deren Weiterentwicklung das Fraunhofer IPA derzeit kräftig investiert. Das reicht von der Wisch- oder Spül- bis zur Plasmareinigung. Manche Verfahren wie das Ultraschallverfahren sind auf ein feuchtes oder flüssiges Milieu angewiesen. Sie eignen sich deshalb nicht für elektronische oder elektrische Komponenten. Andere wie das Kohlendioxidverfahren arbeiten trocken – und damit besonders schonend. Es gibt Grob- und Feinreinigungen, Vor- und Endreinigungen. Welche Verfahren letztlich zum Einsatz kommen, liegt an den jeweiligen Anforderungen an die Reinheit und an der Art des Bauteils. Die höchsten Ansprüche stellt die Halbleiterindustrie, die damit zum Schrittmacher für die Reinigungstechnologie geworden ist. Denn die Strukturen auf den Chips sind inzwischen so winzig, dass schon ein Partikel von wenigen Nanometern einen Kurzschluss verursachen kann. In der Automobilindustrie geht es weniger streng zu. Hier gelten erst Partikel ab einer Größe von 200 Mikrometern als kritisch, wobei vor allem metallische Kontaminationen Sorgen bereiten. Die Raumfahrt liegt etwa dazwischen. Ihr Anspruch liegt im Allgemeinen bei Partikelgrößen von einem Mikrometer.

#### Millionen-Euro-Bauteil: Reinigung in Rekordzeit

Allerdings geht es in der Raumfahrt in anderer Hinsicht besonders penibel zu. Hier wird jedes Bauteil einzeln bearbeitet, vom Aluminiumrahmen bis zum Unterlegscheibchen. Fließbandarbeit kann man in diesem Metier vergessen. Jeder Bearbeitungsschritt wird penibel dokumentiert. Dabei sollen zukünftig NFC-Tags helfen. Sie speichern Informationen zum Bearbeitungsstatus jedes einzelnen Bauteils. Damit lässt sich selbst der Werdegang



einer kleinen Schraube von der Fertigung bis zur Endmontage rekonstruieren. Nur so ist es möglich, bei einem Störfall die Ursache zu finden. Mit der Reinigung der einzelnen Komponenten ist es freilich nicht getan. Danach müssen sie verpackt werden, um nicht gleich wieder zu verschmutzen. Das klingt banal, ist aber ebenfalls sehr anspruchsvoll. Denn vom Verpackungsmaterial könnten sich Partikel lösen und für eine neuerliche Kontamination sorgen. Am besten bewährt haben sich Edelstahlbehälter, die speziell angefertigt werden. In ihnen schlummern die Bauteile manchmal jahrelang, bis ein Satellit endlich abheben kann.

Wie viel Aufwand die Experten bei der Reinigung treiben müssen, konnte man im letzten November sehen. Das Fraunhofer IPA sollte sämtliche 13 000 Teile eines Erdbeobachtungs-Satelliten reinigen. Das größte war ein Aluminiumsegment, das in monatelanger Arbeit aus einem massiven Block von 4 Zentnern Gewicht herausgefräst worden war. Bei der Reinigung dieser filigranen Struktur musste mit großer Sorgfalt vorgegangen werden, um auch nur die kleinste Beschädigung zu vermeiden. Allein diese Aluminiumstruktur hat die Mitarbeiter des Instituts viel Mühe gekostet. Für die Vorreinigung des schweren Bauteils hätte die Reinraum-Filterdecke für die Nutzung eines Deckenkrans aufgerissen werden müssen. Eine optimale Luftströmung wäre dann jedoch nicht mehr gewährleistet. Abhilfe schaffte eine provisorische Dekontaminationszelle, die sowohl höchste Sauberkeitsanforderungen als auch die Lastproblematik erfüllte. Eile war geboten, um den engen Zeitplan des Projekts nicht zu gefährden. Innerhalb einer Woche wurde der temporäre Reinraum von der Größe eines kleinen Wohnhauses realisiert.

Das breite Leistungsportfolio des Fraunhofer IPA ermöglicht sogar bei Bedarf weitere Bearbeitungsschritte vor Ort, wie beispielsweise das Lackieren. Damit entfällt der Transport und die Gefahr einer erneuten Kontamination auf diesem Weg wird damit ausgeschlossen. Viel Aufwand ist auch nötig, wenn die Qualität eines Reinigungsverfahrens beurteilt werden soll. Wenn es um Partikel im Mikro- oder Nanometerbereich geht, und man auch noch deren genaue Zahl wissen möchte, sind hoch-





präzise Geräte gefragt. Das Fraunhofer IPA scheut hier keinen Aufwand. Ein vollautomatisches Feldemissions-Rasterelektronenmikroskop kann noch nanometerkleine Partikel aufspüren. Von einem handygroßen Bauteil kann es die gesamte Oberfläche abschnappen und die Partikel zählen, die darauf haften. Auch ein Rasterkraftmikroskop steht in Stuttgart, das die Oberflächen mit einer feinen Nadel abtastet. Und ein Thermodesorptions-Gaschromatograph mit Massenspektrometrikopplung findet noch die geringsten Spuren organischer Verunreinigungen.

#### Praxisnahe Standards etablieren

Nur mit diesem Aufwand ist es möglich, das optimale Reinigungsverfahren für bestimmte Anwendungen zu finden und verschiedene Reinigungsverfahren miteinander zu vergleichen. Deshalb sitzen die Stuttgarter Wissenschaftler in den jeweiligen Gremien, die für die Standardisierung von Reinigungsmethoden zuständig sind. Gommel ist sowohl für die ISO tätig, die International Organization for Standardization, als auch für die ECSS, der European Cooperation on Space Standardization. Hier sitzt er in der Arbeitsgruppe »Cleaning«, dort leitet er das Richtlinienblatt »Ultrapräzisionsreinigung von Flug-Hardware«.

Über die Reinigung hinaus kann das Fraunhofer IPA auch in vielen weiteren wichtigen Gebieten wie beispielsweise dem Energiemanagement unterstützen. Eine zuverlässige Energieversorgung ist für den Ausgang einer Mission ausschlaggebend. Jüngstes Beispiel ist hier der Signalverlust zum Mini-Labor Philae, als diesem kurz nach der Landung auf dem Kometen Tschuri der Strom ausging.

Wenn es um die Rolle des Fraunhofer IPA in der Luft- und Raumfahrt geht, spricht Gommel gerne vom »Hidden Champion«. So habe er sich gefühlt, als die ESA ihn vor sieben Jahren der versammelten Konkurrenz vorzog. Das gilt wohl noch immer. Denn Hidden Champion steht nicht nur für einen heimlichen Gewinner, sondern auch für einen unbekanntesten Weltmarktführer.

#### Ein Ventil für den Mars-Rover

Das Fraunhofer IPA kümmert sich in der Luft- und Raumfahrt nicht nur um die Reinigung, sondern steuert erstmals auch ein eigenes Bauteil bei: ein besonderes Ventil, das am Institut entwickelt wurde. Allerdings dachte dabei zunächst niemand an die Raumfahrt. Damals suchte ein Hersteller von Mikrosystembauteilen nach einer Möglichkeit, sehr kleine Mengen Klebstoff aufzutragen, ohne dass der Kleber nachtropft. Die IPA-Experten fanden eine recht einfache Lösung: Ihr patentiertes Ventil besteht lediglich aus einem magnetischen Ring und einer Metallkugel, die sich in das Loch schmiegt. Drückt man Klebstoff heraus, klappt die Kugel zur Seite und macht die Öffnung frei – lässt der Druck nach, zieht der Magnet die Kugel zurück, sodass sich die Öffnung wieder schließt. Ein solches Ventil, das sich in ganz unterschiedlichen Größen herstellen lässt, eignet sich nicht nur für Flüssigkeiten, sondern auch für Gase.

Einem Gast aus der Raumfahrt, der im Institut zu Besuch war, fiel das Ventil auf, das in einer Vitrine stand. Er dachte sofort an einen Einsatz bei der ExoMars-Mission. Der Rover verfügt über einen Behälter, in dem Proben von Mars-Gestein untersucht werden sollen. Um Kontaminationen auszuschließen, soll dort immer ein leichter Überdruck herrschen. Allerdings kann man die Box nicht einfach fest verschließen, denn nach dem Start der Rakete fällt der Außendruck rapide. Die Box würde regelrecht explodieren. Man muss also einen Weg finden, den Druck gezielt abzulassen. Dafür eignet sich das IPA-Ventil hervorragend. Denn es ist unkompliziert, leicht und braucht keinen Strom. Derzeit versuchen IPA-Experten, ihr Baby für die Raumfahrt zu adaptieren.



Quelle: designarmanda, Fotograf: Jens Kramer



Joachim Montnacher  
Geschäftsfeldleiter Energiewirtschaft  
Telefon +49 711 970-3712  
joachim.montnacher@ipa.fraunhofer.de

## GESCHÄFTSFELD ENERGIEWIRTSCHAFT

### POWERCAPS: SCHNELLE KONKURRENZ FÜR BATTERIEN

Energie effizient nutzen bedeutet auch, bereits einmal eingesetzte Energie möglichst oft zu nutzen. Energierückgewinnung ist ein Schlüssel dazu. Doch häufig scheitert Rekuperation am Fehlen geeigneter Speicherlösungen. Im Projekt »FastStorageBW« entsteht ein ebenso schneller wie leistungsstarker Hybrid-Speicher, der dies ändern könnte. Ein Konsortium aus Industrie und Forschungseinrichtungen plant in den kommenden drei Jahren, rund 60 Millionen Euro in diese Zukunftstechnologie zu investieren.

Das Beste aus zwei Welten vereint ein Energiespeicher, den Wissenschaftler des Fraunhofer IPA derzeit in Zusammenarbeit mit VARTA Microbattery und weiteren Partnern im Projekt »FastStorageBW« entwickeln. Er kombiniert die Vorteile von Superkondensatoren mit den Vorzügen von Batterien. »Selbst in Asien sind bis jetzt noch keine vergleichbaren Produkte auf dem Markt«, berichtet Edward Pytlik, Leiter der Forschungs- und Entwicklungsabteilung der VARTA Microbattery GmbH, Ellwangen. Herbert Schein, CEO VARTA Micro Gruppe bescheinigt den neuartigen PowerCaps ein erhebliches Marktpotenzial: »Bereits heute liegt es bei zirka einer halben Milliarde Euro und in 4 bis 6 Jahren könnten es 2 bis 3 Milliarden Euro sein«, schätzt er.

Vor allem die besonderen Anforderungen bei der Energierückgewinnung – sei es in industriellen Anwendungen oder in Fahrzeugen – verlangen nach der neuen Speichertechnologie: Je schneller und aufnahmefähiger der Speicher, desto mehr Energie lässt sich zurückgewinnen. Bislang speichern Rekuperationssysteme zurückgewonnene Energie hauptsächlich in Batterien, gelegentlich auch in Kondensatoren. Optimal ist weder das eine noch das andere. So können Batterien zwar deutlich mehr Energie aufnehmen als Kondensatoren, brauchen dafür aber relativ viel Zeit zum Laden, während Kondensatoren in der Lage sind, Ladungen sehr schnell aufzunehmen und wieder abzugeben.

Doch selbst leistungsstarke Kondensatoren mit einer hohen Energiedichte, sogenannte Supercaps, können die aufgenommene Energie nicht sehr lange halten. Zudem reicht ihre Speicherkapazität nicht an die von Batterien heran.

»Im Projekt FastStorageBW haben wir uns deshalb zum Ziel gesetzt, einen Hybrid-Speicher zu entwickeln, der sich sowohl durch eine hohe Leistungsdichte auszeichnet, als auch durch eine hohe Energiedichte und eine extrem hohe Zyklenfestigkeit«, erklärt Joachim Montnacher, Projektkoordinator und Leiter des Geschäftsfelds Energiewirtschaft am Fraunhofer IPA.

#### Energie nachhaltiger nutzen

Beim Betrieb von Straßenbahnen oder Oberleitungsbussen ist die Rückgewinnung von Bremsenergie bereits seit Jahrzehnten gang und gäbe. Bremst der Fahrer, wird die kinetische Energie des Fahrzeugs mit Hilfe eines Generators in elektrische Energie umgewandelt und über die Leitung, die Bahn oder Bus mit Strom versorgt, zurück ins Netz gespeist. Autarke Fahrzeuge, die ihre Antriebsenergie während der Fahrt nicht aus dem Netz beziehen, benötigen dagegen einen Speicher an Bord, der die beim Bremsen oder im Schubbetrieb – also beim Ausrollen im Generatorbetrieb – frei werdende Energie möglichst vollständig und ohne Verzögerung auffängt und lagert.





### **Materialentwicklung: Kohlenstoff ist der Schlüssel**

Die Abteilung Funktionale Materialien des Fraunhofer IPA entwickelt bereits seit zehn Jahren Prozesstechnologien für Nanopartikel. Die für die Elektroden der FastStorage-PowerCaps eingesetzten Graphen-Nano-Platelets (GNP) werden vom Fraunhofer IPA in einem selbst entwickelten speziellen Verfahren durch chemische Exfoliation hergestellt. Diese 1 bis 20 Nanometer dicken Kohlenstoffplättchen bestimmen maßgeblich, wieviel Energie die PowerCaps später speichern können. »Man könnte die Plättchen auch zukaufen. Aber was derzeit am Markt erhältlich ist, eignet sich nur mit einer umfangreichen Nachbehandlung für unsere Zwecke«, winkt Carsten Glanz, Spezialist für nanoskalige Kohlenstoffe, ab. »Unsere Verarbeitungsverfahren sind sehr industriennahe«, ergänzt er.

Um bis zu zehn Prozent können Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor ihren Sprit-Verbrauch mit einer Rekuperationslösung verringern. Bei Fahrzeugen mit Elektromotoren sind Energieeinsparungen von bis zu 20 Prozent möglich. Ähnlich sieht es bei Gabelstaplern und Lagertechnikfahrzeugen aus: »Auch hier erschließt regeneratives Bremsen ein Einsparpotenzial von bis zu 20 Prozent«, sagt Montnacher. Zusätzlich kann gut ein Viertel der Energie, die aufgewendet wurde, um beispielsweise die Gabel eines Staplers anzuheben, beim folgenden Absenken der Gabel wiedergewonnen werden.

Auch die Energieeffizienz von ortsgebundenen Regalbediengeräten (RBG) würde eine On-Board-Speicherlösung verbessern. RBG werden in automatisierten Hochregallagern eingesetzt, etwa in großen Warenverteilzentren oder in den Teile- und Warenlagern von Industrieunternehmen. Die Regale in solchen Lagern können bis zu 40 Meter hoch sein und erstrecken sich nicht selten über zehn bis 20 Gassen mit bis zu 80 Metern Länge.

### **Großes Potenzial in der Intralogistik**

Bei mobilen Staplern wie bei Regalbediengeräten lässt sich Energie sowohl beim Bremsen als auch beim Absenken zurückgewinnen. Bislang wird dieser Energieüberschuss entweder über einen Bremswiderstand in Wärme verwandelt und abgestrahlt, über eine Rückspeiseeinheit in das Stromnetz eingeleitet oder unmittelbar in Form eines Energieausgleichs einem anderen Antrieb zur Verfügung gestellt. Der Energieausgleich ist hier die effizienteste Form der Energienutzung. Er lässt sich jedoch nur umsetzen, wenn sich das Regalbediengerät beispielsweise während des Absenkens gleichzeitig vor- oder zurückbewegen soll.

Um die Energie, die beim Bremsen oder Absenken frei wird, abzuspeichern, stehen nur kurze Zeitspannen zur Verfügung: Ein typischer Bremsvorgang eines RBG dauert vier bis sechs Sekunden, ein Senkvorgang ist in maximal zehn Sekunden abgeschlossen. »Weder Superkondensatoren, noch Batterien würden das schaffen. Supercaps könnten nicht genug Energie aufnehmen, Batterien wären zu langsam. Für solche Anwen-



dungen braucht man Hybridzellen, die man sehr schnell laden kann und die eine vernünftige Energiedichte haben«, sagt Harald Holeczek vom Fraunhofer IPA.

Die FastStorage-PowerCaps sollen am Ende eine vergleichbare Leistungsdichte und Schnellladefähigkeit aufweisen wie Supercaps sowie eine Energiedichte, die an die herkömmlicher Batterien heranreicht. Gleichzeitig streben die Entwickler eine Lebensdauer von 10 bis 15 Jahren an – für Batterien sind 3 bis 8 Jahre typisch. Die PowerCaps sollen zudem eine deutlich höhere Temperaturbeständigkeit haben als Batterien, hundert mal mehr Ladezyklen überstehen und ihre Ladung über mehrere Tage ohne nennenswerte Verluste durch Selbstentladung halten können.

Um das zu erreichen, nutzen die Hybridzellen eine Kombination aus physikalischen und chemischen Speicherprinzipien: Die Ladungstrennung an den Grenzflächen zwischen Elektrode und Elektrolyt durch den Doppelschichteffekt, mit dem herkömmliche Kondensatoren arbeiten, sowie Redox-Reaktionen von Metalloxiden oder Metallhydroxiden. »Redox-Reaktionen sind vollständig reversibel und lassen sich sehr oft wiederholen. Zwar laufen sie nicht so schnell ab wie die Speicherung von Energie in einer Doppelschicht. Dafür sind sie um ein Vielfaches schneller als beispielsweise die Speicherprozesse in Lithium-Batterien, bei denen Lithium-Ionen von der einen Elektrode zur anderen wandern«, erklärt Verfahrenstechniker Holeczek.

### **Aktivmaterial mit Nanostruktur**

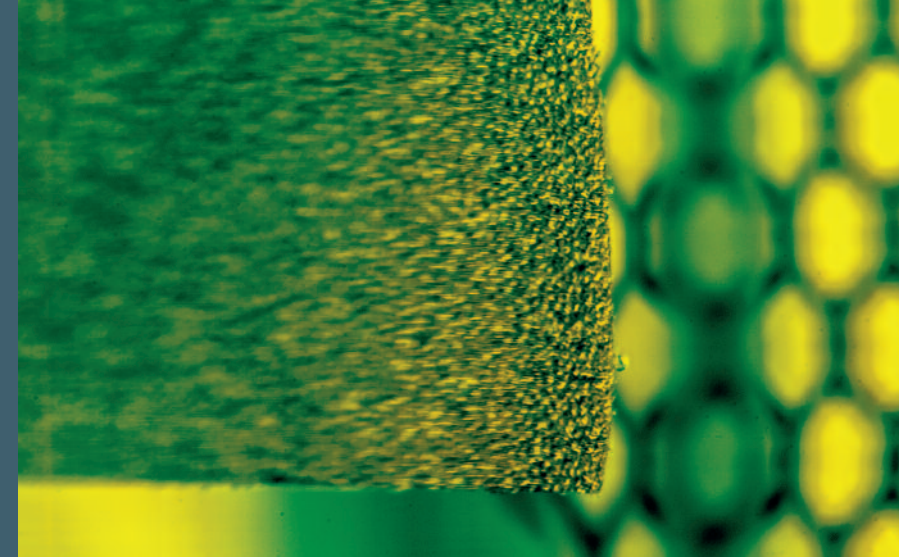
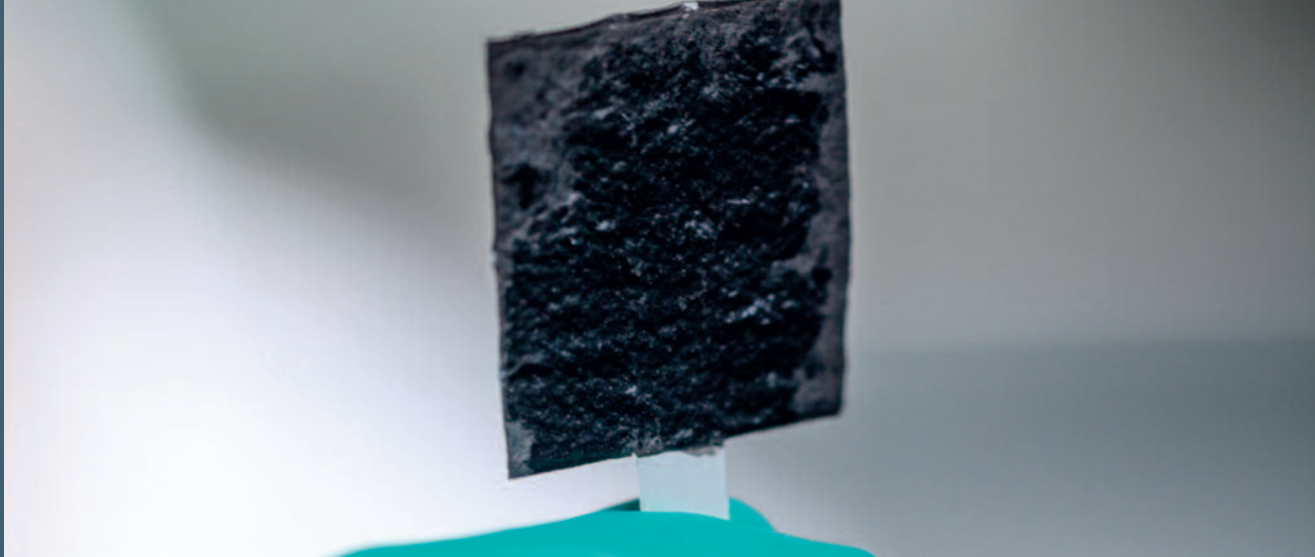
Das Trägermaterial der PowerCap-Elektroden besteht aus Nickelschaum. Dieser wird mit einem Aktivmaterial beschichtet und anschließend verpresst. IPA-Wissenschaftler Carsten Glanz testet derzeit eine Aktiv-Paste, die sich im Wesentlichen aus Komponenten zusammensetzt, wie sie bereits für Batterie-Elektroden verwendet werden. »Wir fügen lediglich nanoskalige Komponenten wie Graphen-Nano-Platelets (GNP) hinzu. Sie sind das neue und auch das entscheidende Element in dieser Mischung«, betont er. Kein Material besitzt eine größere spezifische Ober-



### **Trockenbeschichtung: Pulver statt Paste**

Wieviel Energie elektrochemische Stromspeicher wie Batterien oder Kondensatoren aufnehmen können, wird von den Funktionsschichten ihrer Elektroden beeinflusst. Bislang werden diese Schichten in Form von Pasten in einem Nassbeschichtungsverfahren aufgebracht. Wissenschaftler des Fraunhofer IPA arbeiten jedoch auch an verschiedenen Dry-Blend-Verfahren zum Auftrag pulverförmiger Funktionsmaterialien. »Die Trockenbeschichtung hat zwei große Vorteile: Zum einen kann komplett auf gesundheits- und umweltgefährdende Lösungsmittel verzichtet werden. Zum anderen entfällt der lange und energieintensive Prozessschritt der Trocknung«, erklärt Lackiertechnik-Experte Markus Cudazzo.





### Know-how erhalten

Standard-Speicherzellen für den Massenmarkt kommen mittlerweile fast ausschließlich aus den USA oder Asien. Dabei wächst ihre Bedeutung auch für eine immer größere Anzahl von Produkten und Anwendungen jenseits des Massenmarkts. Stärkster Treiber ist der Anspruch, die Ressource Energie so effizient und nachhaltig wie möglich einzusetzen. »Die besondere Stärke des Industriestandorts Deutschland besteht unter anderem darin, dass wir komplette Wertschöpfungsketten vor Ort abbilden können. Verschwinden zentrale Elemente wie die Speicherzellenproduktion aus Deutschland, geben wir nicht nur einen hohen Anteil an künftiger Wertschöpfung aus der Hand, sondern verlieren mittel- und langfristig auch den Zugriff auf wichtiges Know-how für die Produktentwicklung insgesamt«, betont FastStorageBW-Projektkoordinator Joachim Montnacher.

fläche als Graphen und genau das ist auch der Grund, weshalb die Nano-Platelets verwendet werden: Die Größe der Oberfläche bestimmt maßgeblich, wieviel Energie gespeichert werden kann.

Die GNP müssen bestimmte Abmessungen haben und sollten sich zudem möglichst gleichmäßig und mit Abstand zueinander in der Elektrode verteilen. »Beim Speichervorgang benötigen geladene Teilchen freien Raum in der Elektrode und diesen müssen sie gut erreichen können«, erklärt Glanz. »Gleichzeitig müssen wir verhindern, dass die Nano-Plättchen agglomerieren, sich also zu Klumpen verbinden oder stapeln. Deshalb verwenden wir unterschiedlich große Plättchen und funktionalisieren deren Oberflächen«, verrät Carsten Glanz. Bei der Funktionalisierung werden auf den Oberflächen gezielt Fremdstoffe angelagert, welche die Plättchen auf Abstand halten.

### Trocken schneller als nass

Die GNP-Paste wird im gleichen etablierten Nassbeschichtungsverfahren in den Nickelschaum eingearbeitet, welches Batteriehersteller wie Varta bereits zur Herstellung handelsüblicher Batterien oder Knopfzellen einsetzen. Allerdings hat die Nassbeschichtung einen Nachteil: »Das fertige Elektrodenmaterial muss erst getrocknet werden, bevor man es weiter verarbeiten kann«, stellt Markus Cudazzo vom Fraunhofer IPA fest. Der Experte für Pulverlackierung arbeitet deshalb an einem Trockenbeschichtungsverfahren. »Entfällt der Prozessschritt der Trocknung, beschleunigt das nicht nur den Herstellungsprozess insgesamt, es reduziert auch dessen Energieverbrauch ganz erheblich. Außerdem können wir im Gegensatz zur Nassbeschichtung bei diesem Verfahren auf Lösemittel verzichten und so sehr viel umweltfreundlicher produzieren«, erklärt er.

Zur Beschichtung von Metallprodukten sind Pulverlacke in Europa längst Standard – egal, ob es um Waschmaschinen oder Schaltschränke geht. Im Gegensatz dazu spielen Konzepte zur Trockenbeschichtung in der Speicherzellen-Produktion bislang noch nicht einmal eine untergeordnete Rolle. Zu Unrecht findet Energietechnik-Experte Montnacher, denn der Ansatz sei mindestens ebenso interessant wie erfolgversprechend: »Das Know-how aus der Lackiertechnik eröffnet ganz neue Perspektiven für eine wettbewerbsfähige Produktion von Energiespeichern im industriellen Maßstab. Wir brauchen sowohl neue Ansätze in der Produktionstechnik als auch neue und leistungsstarke Speichertechnologien, wenn wir die Batterieherstellung am Standort Deutschland neu beleben und ausweiten wollen.«

Nach dem erfolgreichen Abschluss der Machbarkeitsstudie Ende 2014 befindet sich das Projekt FastStorageBW nun seit Anfang 2015 in der Umsetzungsphase. Bis Ende 2017 soll bei Varta Microbattery in Ellwangen eine Technikumsanlage entstehen, in der die PowerCaps in Kleinserien hergestellt werden können und auf deren Basis dann eine Fertigungslinie für die Massenfertigung aufgebaut wird.

Rund 60 Millionen Euro will das Konsortium aus Industrie und Forschungseinrichtungen in den kommenden drei Jahren in die Zukunftstechnologie investieren. Das Land Baden-Württemberg steuert 25 Millionen Euro bei. »Baden-Württemberg will sowohl bei der Energiewende als auch bei der nachhaltigen Mobilität vorangehen. Deswegen steht uns dieses Projekt gut zu Gesicht«, erklärt der baden-württembergische Wirtschaftsminister Dr. Nils Schmid. Denn bei FastStorageBW könnten, so Schmid, mit einem Projekt gleich zwei Ziele erreicht werden: »Zum einen wird die Elektromobilität durch kürzere Ladezeiten attraktiver. Zum anderen wird die Umsetzung der Energiewende vorangetrieben durch bessere Speichermöglichkeiten von zurückgewonnener Energie.«

### FastStorageBW

Im Projekt »FastStorageBW« arbeiten baden-württembergische Unternehmen und Forschungseinrichtungen unter Federführung des Fraunhofer IPA an einem Stromspeicher, der die Vorteile von Batterien und Kondensatoren vereint. Die PowerCaps sollen am Ende eine vergleichbare Leistungsdichte und Schnellladefähigkeit aufweisen wie Superkondensatoren (Supercaps) sowie eine Energiedichte, die an die herkömmlicher Batterien heranreicht. Experten schätzen das Marktpotenzial für die neue Speichertechnologie auf bis zu 3 Milliarden Euro in den nächsten 4 bis 6 Jahren.



Dr. med. Urs Schneider  
Geschäftsfeldleiter  
Medizin- und Biotechnik  
Telefon +49 711 970-3630  
urs.schneider@ipa.fraunhofer.de

## GESCHÄFTSFELD MEDIZIN- UND BIOTECHNIK

### INDUSTRIELLE SCHLÜSSELTECHNOLOGIEN FÜR DEN DEMOGRAPHISCHEN WANDEL

Eine hohe Lebensqualität im Alter und ein langes aktives Berufsleben spielen in unserem Leben schon heute eine zentrale Rolle. Neben der alternden Gesellschaft stellt jedoch die Zunahme degenerativer Erkrankungen sowie onkologischer Krankheitsbilder unser Gesundheitssystem vor erhebliche Herausforderungen. Bei größtmöglichem Patientennutzen und maximaler Patientensicherheit sind wirtschaftlich machbare Lösungen gefragt. Innovative Ansätze in der Medizin- und Biotechnik tragen wesentlich dazu bei, künftigen Aufgaben im Gesundheitswesen zu begegnen und Ausgaben zu reduzieren. Dabei geht ein gesteigerter Patientennutzen mit möglichen Einsparungen Hand in Hand.

*Maria H. kämpft schon lange mit gesundheitlichen Problemen. Seit einigen Wochen klagt sie über Erschöpfung sowie Schmerzen in den Gelenken. Morgens braucht sie immer länger, bis sie in die Gänge kommt. Nach zahlreichen Untersuchungen verdichtet sich der Verdacht des Hausarztes auf rheumatoide Arthritis.*

Krankheitskosten im Alter sowie eine drohende Berufsunfähigkeit können durch eine frühzeitige Diagnostik und passgenaue Therapie in jungen Jahren oft deutlich reduziert werden. Für eine »Personalisierte Medizin« bedarf es diagnostischer Indikatoren, die eine Krankheit bzw. deren Verlauf individuell spezifizieren. Doch die Validierung solcher Marker ist kostspielig, langwierig und komplex. Viele Vorhaben der universitären Vorlaufforschung scheitern an logistischen wie finanziellen Problemen, dazu kommen formale Hürden durch die Vorgaben späterer Zulassungsverfahren. Die Beteiligung einer größeren Zahl an Akteuren an der klinischen Forschung könnte jedoch die Entwicklung dringend notwendiger Substanzen für Diagnostik und Therapie deutlich vorantreiben.

#### **RIBOLUTION: Breiter Ansatz für die Biomarker-Validierung**

Im Forschungsverbund RIBOLUTION widmen sich Wissenschaftler unter Beteiligung des Fraunhofer IPA der Verbesserung von

Identifikation und Validierung neuer RNA-Biomarker im Hochdurchsatz-Prozess. Dabei werden auch nichtkodierende RNAs, die erst kürzlich als großes Reservoir potenziell wertvoller Biomarker entdeckt wurden, erfasst. Auf technischer Seite verfolgen die beteiligten Forscher die konsequente Miniaturisierung und Parallelisierung des qRT-PCR-Prozesses für die Marker-Validierung. Bei RIBOLUTION kommt die am Fraunhofer IPA entwickelte Nanodosiertechnologie I-DOT zur automatisierten Dosierung anspruchsvoller Medien zum Einsatz. Diese bietet hohe Präzision sowie Parallelität bei geringen Totvolumina. Damit bietet das I-DOT ausgeprägte Flexibilität bezüglich der eingesetzten Proben sowie der durchzuführenden Experimente. Durch die Miniaturisierung der Probenmengen können in der Marker-Validierung gegenüber konventionellen Automatisierungsverfahren wesentlich mehr Tests in gleicher Zeit durchgeführt werden. Neben reduzierten Verbrauchskosten pro Datenpunkt bedarf es zudem weit weniger kostbarer Patienten-RNA als bei herkömmlichen Screening-Verfahren. Die Kosten und Durchlaufzeiten für die Validierung werden um mehr als 70 Prozent gesenkt. Mit Hilfe dieses Ansatzes können in Zukunft Biomarker-Validierungen in großer Zahl und zu wirtschaftlich darstellbaren Kosten durchgeführt werden. Die Pipeline hin zur diagnostischen Anwendung wird deutlich beschleunigt und das Entwicklungsrisiko reduziert – zum Nutzen des Patienten. Universitäten und Forschungseinrichtungen können sich künftig an der pharmazeutischen Wertschöpfungskette durch Vorvalidierungsleistungen stärker beteiligen.







### SiLA: Ausgangspunkt für die Labor-Automatisierung

RIBOLUTION setzt konsequent auf die Verwendung des SiLA-Standards (Standardization in Laboratory Automation) zur Integration und Vernetzung von Geräten und Gerätetreibern. Das Verbundprojekt bietet seitens der Forschung eine der ersten Anlagen, welche SiLA über alle beteiligten Geräte hinweg umsetzt. Damit trägt das Projekt die Idee von Flexibilisierung im Sinne von Industrie 4.0 und einer Personalisierten Medizin in die Labor-Automatisierung. Falls ein Forschungsansatz künftig nachjustiert oder verworfen wird, wird die zugehörige Automatisierungsanlage angepasst, statt wie früher bei individuell zugeschnittenen Systemen weitgehend nutzlos zu werden. Generell reduziert der neue Standard das Risiko beim Aufsetzen einer Anlage, die Planbarkeit von Projekten und Vorhaben steigt.

Die Wissenschaftler am Fraunhofer IPA haben an der Entwicklung des SiLA-Standards wesentlich mitgewirkt und treiben dessen Verbreitung weiter voran. Das Vertrauen potenzieller SiLA-Nutzer in die Qualität von SiLA-Treibern wird schon bald durch eine entsprechende Zertifizierung gestärkt. Gemeinsam mit Partnern entwickelt das Fraunhofer IPA für diesen wichtigen Schritt zurzeit ein Regelwerk und stellt die notwendigen Instrumente bereit. 2015 möchte das Institut zur offiziellen SiLA-Zertifizierungsstelle berufen werden.

SiLA eröffnet weitreichende Möglichkeiten für die Weiterentwicklung von Laborprozessen, insbesondere in kleineren Organisationen, die als Schrittmacher von Innovationen gelten. Von SiLA-kompatiblen Geräten generierte Daten werden in einer Form bereitgestellt, wie sie für die Industrie im Rahmen von Zertifizierungs- und Zulassungsverfahren nutzbar sind. Damit beschleunigt der Ansatz die Entwicklung von Medikamenten und diagnostischen Tools wie Biomarkern.

Um die Hürde der SiLA-Einführung zu senken, bietet das Fraunhofer IPA ein Software-Development-Kit für die Entwicklung von Gerätetreibern an. Dieses kann auch ohne vertiefte Kenntnis zur Schnittstellenkommunikation und Treiberentwick-

lung eingesetzt werden. Als Dienstleister unterstützt das Fraunhofer IPA interessierte Unternehmen zudem bei der Entwicklung eigener SiLA-Treiber.

*Die Patientin Maria H. hat Glück: Eine Untersuchung mit dem richtigen Biomarker hat für Klarheit gesorgt. Das Ergebnis der Untersuchung präzisiert die Diagnose und gibt Auskunft über den Typ der Krankheit – vor allem wissen die Ärzte nun, wie sie die Therapie gezielt angehen müssen.*

Das Spannungsfeld von engen Qualitätsvorgaben und dem Ziel, Prozesse deutlich zu flexibilisieren, verlangt nach neuen Lösungsansätzen. Die Sicherheit der Patienten und damit das Thema Qualität bleiben Dreh- und Angelpunkt des Geschehens. Die resultierenden Herausforderungen umfassen auch Fragen der Qualitätssicherung und Reinheit von Produkten und Prozessen. Themen, an denen das Fraunhofer IPA intensiv forscht und entwickelt.

### GMP: Umdenken bei der Risiko-Betrachtung

Die europäischen Richtlinien zur Qualitätssicherung von Arzneimitteln und Wirkstoffen unter Good Manufacturing Practise (GMP) verweisen explizit auf die Methode der FMEA (Failure-Mode-and Effects-Analysis), um die Anforderungen aus dem Risikomanagement zu erfüllen. Statt Fehler bei Anlagen oder Prozessen nachträglich zu erkennen und zu korrigieren, soll ein durchgängiges Risikomanagement die Zuverlässigkeit eines Produkts sicherstellen. Elemente sind die aus der Risiko-Betrachtung abgeleiteten Produkt- und Prozessparameter von der Entwurfsphase über die Entwicklung bis zur Produktion. Im Blickpunkt stehen Patient und Medizin, Wirksamkeit und Handhabung oder Funktionalität.

Die US-amerikanische Food and Drug Administration propagiert seit einiger Zeit ein sogenanntes Quality by Design (QbD). Dieses definiert einen Zielkorridor, in dem ein Produkt im vorgegebenen Rahmen streuen darf, um seine Endfunktion zu erreichen. Das Resultat: Eine greifbare Individualisierung von Medizinprodukten



innerhalb des im Designspace zulässigen Parameterraums. Kritische Merkmale und Produktparameter werden mit modernen Risikoanalysemethoden so abgeschätzt und ausgestaltet, dass sich neue Kombinationen für solche Produkte eröffnen. Das Fraunhofer IPA trägt hierzu mit seinen Arbeiten zur technischen Risikoanalyse und weitreichenden Erfahrungen aus anderen Branchen wie der Automobilindustrie bei. Im Fokus der Projekte für die Medizintechnik steht insbesondere die Verknüpfung von Funktions- und Fehler-Netzen verschiedener FMEA-Typen. Zudem unterstützt das Fraunhofer IPA als Dienstleister eine Risikoanalyse – vom Produktdesign bis zur Fertigung.

### Reinheitsvalidierung: Impulse für einen brancheneigenen Weg

Hygiene- und Sauberkeitsaspekte rücken ebenfalls in den Fokus von Industrie und Wissenschaft. Dabei geht es längst nicht nur um kritische Kontaminationen durch biotische Verunreinigungen. Auch abiotische Partikel einer Größe ab 2 Mikrometer bedeuten ein Gefährdungspotenzial für den Patienten. Neben dem eigentlichen Produktionsprozess bieten Logistik, Personalverhalten oder Equipment und Materialien weitere ernst zu nehmende Quellen für Kontaminationen.

Bei der Reinheitsvalidierung nimmt das Fraunhofer IPA eine Vorreiterrolle ein und profitiert von langjährigen Erfahrungen anderer Branchen wie der Automobilindustrie oder Raumfahrt. Deren methodisches Vorgehen bei der partikulären Sauberkeitsanalyse gibt wertvolle Impulse für einen eigenen Weg der Medizintechnik. Orientierte sich diese bisher an den Vorgaben der pharmazeutischen Industrie, bereitet die Medizintechnik-Branche seit 2014 einen eigenen Weg vor, der innerhalb seiner Systemgrenzen maximalen Schutz bei hoher Wirtschaftlichkeit bietet. Erst definierte Beurteilungsgrenzen, praxisgerechte Grenzwerte und validierte Prüfverfahren bieten den Akteuren klare Vorgehensweisen.

*Im Gespräch mit dem behandelnden Arzt macht sich Frau Maria H. mit dem Gedanken eines operativen Eingriffs vertraut, der*

*irgendwann auf sie zukommen wird. Erleichtert stellt sie fest, dass minimal-invasive Operationen sich zunehmend zum Standard-Prozedere für vielerlei Behandlungen im OP entwickeln.*

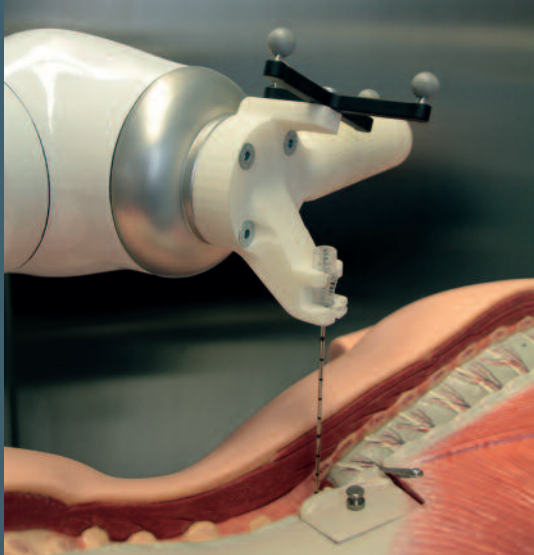
Während die Operationstechniken in den vergangenen Jahren in rasantem Tempo weiterentwickelt wurden, zieht die Entwicklung von Werkzeugen für die minimal-invasive Chirurgie in gemächlichem Schritt nach. Für die Präzision endoskopischer Operationen erwies sich bisher die Umsetzung der Bewegung von der Hand des Chirurgen zum eigentlichen Instrument am Patienten als limitierender Faktor: Die Kraftübertragung erfolgt in herkömmlichen Instrumenten über Bowdenzüge oder Schubstangen. Der notwendige Kraftaufwand für die mechanische Übersetzung resultierte häufig in einer schnellen Ermüdung des Operateurs oder einem Mangel an Bewegungsoptionen und Dosierbarkeit.

### Smart Instruments: Feingefühl für minimal-invasive Eingriffe

Eine neue Generation chirurgischer Instrumente verleiht Chirurgen ungeahntes Feingefühl und führt zu neuen, besseren Operationsstandards. Eine sterile, biokompatible Flüssigkeit in einem Kunststoffschlauch ersetzt als hydraulisches System die bisher eingesetzten Seilzüge. Bei geringerem Reibungsverlust fällt die Greifkraft gegenüber herkömmlichen Geräten deutlich höher aus. Der hydraulische Antrieb eröffnet vor allem bei Anwendungen mit hohen Biege-Radien bisher unerreichte Manipulationsoptionen.

Die neu entwickelten hydraulischen Instrumente können schneiden, greifen und sich als weiteren Freiheitsgrad abwinkelnd. Aktuell fertigen die Wissenschaftler ein chirurgisches Instrument mit einem Außendurchmesser unter drei Millimetern. Von solchen Ansätzen profitieren nicht zuletzt Patienten, bei denen aufgrund komplizierter Anatomie oder limitiertem Manipulationsraum OPs besonders anspruchsvoll sind. Als Weiterentwicklung des Funktionsprinzips entstand am Fraunhofer IPA ein automatisiertes Instrumente-Wechselsystem an der Endoskop-





Spitze, welches eine extreme Miniaturisierung der Instrumente erlaubt. Besonders leistungsfähig sind die neuartigen Systeme, wenn sie Instrumente treiben, deren Spitze über mehrere Freiheitsgrade (Degree of Freedom [DOF]) verfügt. Die Kombination einer Multi-DOF-Spitze mit dem hydraulischen Antriebsprinzip führt zu völlig neuen Möglichkeiten der minimal-invasiven Operationstechnik.

#### **MITIGATE: Personalisierte Therapie für die Tumor-Behandlung**

Ein spezielles endoskopisches Instrument ist ebenfalls Teil des personalisierten Behandlungskonzepts für gastrointestinale Stromatumore (GIST), welches im Fokus des europaweiten Forschungsprojekts MITIGATE steht. Ziel des Projekts ist es, in einem Closed-Loop-Prozess die Diagnose und Therapie von GIST zu verbessern. Das Konsortium befasst sich mit der Aufreinigung und Analyse der Biopsie und der sich daraus ergebenden personalisierten Therapie unter Verwendung bildgebender Verfahren. Aufgabe der Projektgruppe für Automatisierung in der Medizin und Biotechnologie PAMB in diesem Projekt ist die Entwicklung einer endoskopischen Biopsienadel, mit der sich Gewebe entnehmen und über eine spezielle Schnittstelle dem Zerkleinerungsmodul zuführen lässt. Die Isolierung von GIST-Zellen erfolgt anhand spezifischer molekularer GIST-Marker, die in Kooperation mit der Firma STEMCELL identifiziert wurden. Die Hochschule Mannheim charakterisiert mittels Massenspektrometrie diese GIST-Subtypen und erstellt so eine Datenbank mit molekularen Fingerabdrücken, die wesentlich zu einer Präzisierung der Therapie beitragen soll.

#### **M<sup>2</sup>OLIE: Hocheffiziente Intervention in kompaktem Zeitraum**

Für die Behandlung von Tumorkranken in molekularer Dimension ist die Einhaltung eines komplexen Ablaufs erforderlich. Idealerweise erfolgt künftig die gesamte Behandlung von der Patientenaufnahme über die Diagnostik bis hin zu abschließenden Therapiemaßnahmen als One-Stop-Shop, bestenfalls an

einem halben Tag. Damit dieses visionäre Vorhaben gelingt, müssen in enger Vernetzung zahlreiche Partner adäquate Methoden entwickeln und Komplexitätsbarrieren überwinden. Die Projektgruppe für Automatisierung in der Medizin und Biotechnologie des Fraunhofer IPA beteiligt sich im multidisziplinären Forschungscampus »Mannheim Molecular Intervention Environment« (M<sup>2</sup>OLIE) an Entwicklungen für die kompakte Behandlung von oligometastasierten Patienten mittels molekularer Intervention. Kernstück des Beitrags ist ein Closed-Loop-Prozess, der den Behandlungsprozess unterbrechungsfrei für einzelne Metastasen wiederholt und diesen nach Bedarf anpasst.

*Mit zunehmender Bewegungseinschränkung fallen Frau Maria H. bestimmte Aufgaben des täglichen Lebens immer schwerer. Um einen Umzug in eine Pflegeeinrichtung hinauszuzögern, versucht sie, ihre Autonomie möglichst lange aufrechtzuerhalten.*

Smart-Home-Lösungen und technische Assistenzsysteme stellen unterschiedliche Funktionen bereit, die Menschen in ihrem häuslichen Umfeld unterstützen: von der intelligenten Haussteuerung bis zur Sturz-Erkennungssensorik, von vernetzten Hausgeräten bis zum interaktiven Serviceroboter.

#### **Technische Assistenzsysteme: Selbstständigkeit in den eigenen vier Wänden**

Die Angst vor Stürzen stellt eine der häufigsten Ursachen für den Umzug älterer Menschen in eine stationäre Pflegeeinrichtung dar. Um trotz zunehmender Mobilitätseinschränkungen ein selbstständiges Leben in gewohnter Umgebung zu ermöglichen, wurde am Fraunhofer IPA das automatische Notfallerkennungssystem safe@home entwickelt. Erkennt das Sensorsystem einen Sturz, kann stufenweise das persönliche Hilfsnetzwerk benachrichtigt werden. Alternativ fährt der Kommunikationsroboter MoBiNa zu der am Boden liegenden Person und stellt über seinen Bildschirm, die integrierten Lautsprecher und Mikrofone den Kontakt zur Notfallzentrale her. Für die Unterstützung bei alltäglichen Handhabungsaufgaben wurde in einer

Designstudie der Roboterarm »AMICO« entwickelt, der z. B. am Rollator angebracht werden kann. Als ständiger Begleiter kann er bei den verschiedenen Tätigkeiten, wie Wäsche waschen, kochen, aufräumen oder einkaufen, behilflich sein.

MoBiNa und Amico zeichnen sich durch eine geringe Komplexität aus und bieten damit die Grundlage für eine zeitnahe Produktumsetzung. Sie basieren auf Entwicklungen des Roboterassistenten Care-O-bot®, der als komplexe Forschungsplattform einfach für die Umsetzung und Erprobung neuer Anwendungsszenarien genutzt werden kann. Zwei Projekte, in denen neue Assistenzfunktionen des Care-O-bot® 3 entwickelt wurden, kamen 2014 zum Abschluss: Im BMBF-Projekt AutoPnP beschäftigte sich das Fraunhofer IPA mit der »robotergestützten Reinigung«, im EU-geförderten Projekt Accompany ging es darum, Care-O-bot® zu einem »Roboter-Gefährten« als Teil einer intelligenten Wohnumgebung weiterzuentwickeln. Neben der Übernahme verschiedener Assistenzfunktionen ermuntert das System seine Anwender auch, bestimmte Tätigkeiten selbstständig auszuführen. Auf diese Weise können ältere Personen sowohl physisch als auch kognitiv und sozial länger selbstständig bleiben.

*Der heute schon bestehende Mangel an Pflegekräften verunsichert Frau Maria H. massiv. Doch ihre Familie wohnt weit entfernt und ein pflegerisches Engagement der jüngeren Generation ist undenkbar. Schon früh macht sich Frau Häberle mit einem Lebensabend in einem professionellen Pflegeumfeld vertraut und hofft auf eine optimale Versorgung.*

Nicht nur die Nachfrage medizinischer Leistungen oder Pflege unterliegen den Auswirkungen der demographischen Entwicklung. Die Zahl pflegebedürftiger Personen wächst, gleichzeitig werden die Fachkräfte immer älter. Aufgrund der enormen körperlichen und psychischen Anforderungen scheiden Menschen mit pflegerischen Tätigkeiten oft frühzeitig aus dem Berufsleben aus. Die Krankheitsquote ist hoch, qualifizierter Nachwuchs für diese Berufsgruppe ist rar.

#### **Assistenzrobotik: Körperliche und zeitliche Entlastung bei der Pflege**

Dem Pflegenotstand entgegenwirken und zugleich den Pflegeberuf aufwerten können Serviceroboter-Technologien, die als Assistenzfunktionen in existierende Pflegehilfsmittel integriert oder den Pflegekräften als eigenständige Assistenzroboter zur Hand gegeben werden. Dabei wünschen sich Pflegekräfte eine Entlastung primär bei täglich anfallenden Routinetätigkeiten, wie z. B. bei Transportaufgaben oder der Dokumentation. Neue Pflegehilfsmittel sollen außerdem dazu beitragen, die körperliche Belastung des Pflegepersonals zu reduzieren. Im Projekt WiMiCare wurden zwei verschiedene Roboter für den Einsatz in einem Altenpflegeheim umgerüstet und in Betrieb genommen: Das Einsatzfeld des fahrerlosen Transportfahrzeugs CASERO umfasste dabei die Durchführung von regelmäßigen Lieferungen, wie z. B. den Abtransport von Schmutzwäsche und die Unterstützung der Pflegekräfte während der Nachtschicht. Zu den Aufgaben von Care-O-bot® gehörten die Versorgung der Bewohner mit Getränken sowie der Einsatz als Unterhaltungsplattform. In einem anderen Projekt wurde ein alternatives Rollstuhlkonzept mit Druckluft-Antrieb entwickelt, das sich insbesondere durch seine gute Manövrierbarkeit und Geräuscharmheit auszeichnet. Im Rahmen der Studie EFFIROB sind zudem für ausgewählte Serviceroboter-Anwendungen die Eckdaten und Voraussetzungen für einen wirtschaftlichen Einsatz in der Praxis analysiert worden.

Aktuelle Arbeiten beschäftigen sich mit der Entwicklung eines universell einsetzbaren Transportroboters, eines teilautonomen Pflegewagens, der benötigte Pflegeutensilien automatisch vor Ort zur Verfügung stellt, sowie des multifunktionalen, robotischen Lifters Elevon. Letzterer ist mit zusätzlichen Assistenzfunktionen ausgestattet. Dadurch kann er z. B. von den Pflegekräften elektronisch angefordert werden und fährt selbstständig dorthin, wo er gebraucht wird. Außerdem erleichtert er die Personenaufnahme. Mit Hilfe von Sensoren erkennt der Lifter die aufzunehmende Person automatisch und kann somit sein Aufnahmesystem entsprechend positionieren.



## WEITERFÜHRENDE INFORMATIONEN



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

### Online-Rubriken des Jahresberichts:

- Gremien
- Fachartikel
- Fachbücher
- Wissenschaftliche Artikel
- Patente
- Promotionen
- Veranstaltungen und Messen
- Gastwissenschaftler

### Weitere Standorte des Fraunhofer IPA

[pamb.ipa.fraunhofer.de](http://pamb.ipa.fraunhofer.de)  
[www.lup.uni-bayreuth.de/de/fhg](http://www.lup.uni-bayreuth.de/de/fhg)  
[www.hro.ipa.fraunhofer.de](http://www.hro.ipa.fraunhofer.de)  
[www.fraunhofer.at](http://www.fraunhofer.at)  
[www.fraunhofer.hu/en](http://www.fraunhofer.hu/en)  
[www.oper.fraunhofer.jp/en](http://www.oper.fraunhofer.jp/en)

### Universitäre Schwesterinstitute des Fraunhofer IPA

[www.eep.uni-stuttgart.de](http://www.eep.uni-stuttgart.de)  
[www.iff.uni-stuttgart.de](http://www.iff.uni-stuttgart.de)  
[www.isw.uni-stuttgart.de](http://www.isw.uni-stuttgart.de)

## IMPRESSUM

### Herausgeber

Fraunhofer-Institut für  
Produktionstechnik und  
Automatisierung IPA

### Institutsleitung

Prof. Dr.-Ing. Thomas Bauernhansl

### Leitung Marketing und Kommunikation

Fred Nemitz

### Anschrift

Nobelstraße 12 | 70569 Stuttgart  
Telefon +49 711 970-00 | Fax -1399  
[www.ipa.fraunhofer.de](http://www.ipa.fraunhofer.de)

### Redaktion

Dr. Ulrike Felger  
Kathrin Gaiser  
Ramona Hönl  
Klaus Jacob  
Fred Nemitz  
Michaela Neuner  
Jörg-Dieter Walz

### DTP

Hannelore Betz

### Titelbild

Applikationszentrum Industrie 4.0  
Quelle: Fraunhofer IPA, Foto: Rainer Bez

### Druck

Wahl-Druck GmbH  
Aalen/Württemberg

### Bestellservice

Telefon +49 711 970-1607  
[marketing@ipa.fraunhofer.de](mailto:marketing@ipa.fraunhofer.de)





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

