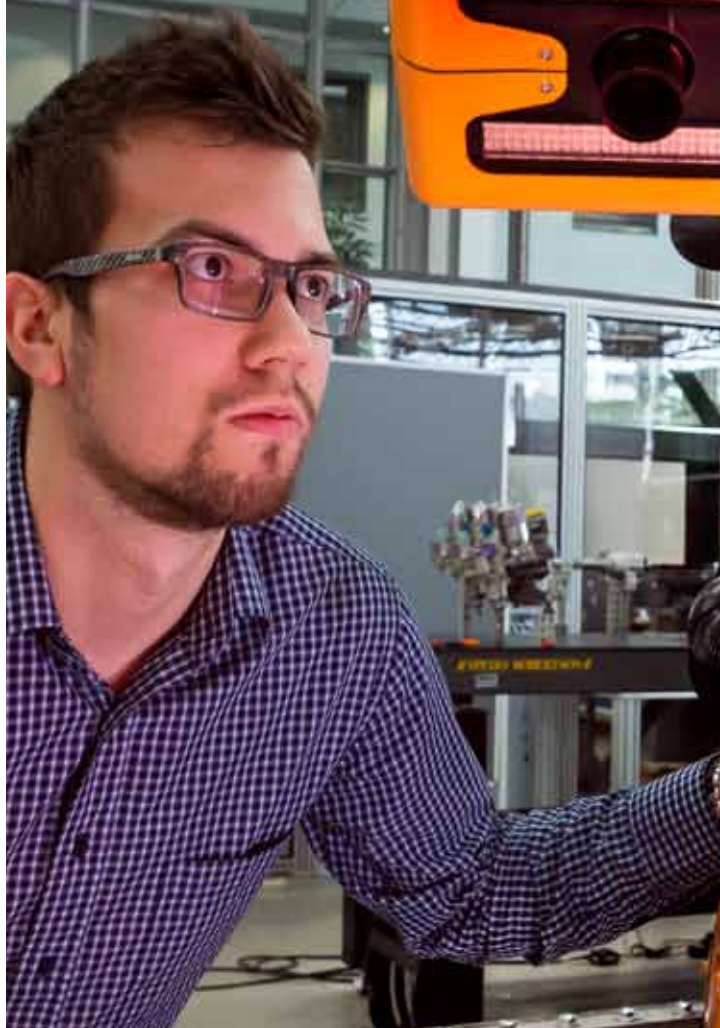


# IFFOCUS



## INDUSTRIE 4.0

Neue Geschäftsmodelle in der Prozessindustrie

## SMARTE LANDWIRTSCHAFT

Wie die Digitalisierung die Landwirtschaft erobert

## ZUKUNFT DER PRODUKTION IN EINER DIGITALEN WELT

Wie digitale Assistenzsysteme den Menschen in der Produktion unterstützen

# AUS DIGITAL WIRD SMART

**EINEN TRAUMJOB FINDEN UND  
SICH ALLE OPTIONEN OFFENHALTEN  
GEHT NICHT.**

**DOCH.**

**Bei Fraunhofer steht Karriere für individuelle Entfaltung.** Ob Fahrzeuge, Lebensmittel, Umweltschutz oder Architektur – Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler entwickeln überall Neugier. Darum bietet Fraunhofer in allen Bereichen Fort- und Weiterbildungen an. Schließlich kann nur gefordert werden, wer auch gefördert wird. Wie können wir Sie herausfordern?

[www.iff.fraunhofer.de/de/jobs-karriere.html](http://www.iff.fraunhofer.de/de/jobs-karriere.html)



» Es braucht nur wenig Phantasie, um vorherzusehen, dass künftig der Bedarf an Unterstützungssystemen, wie beispielsweise Roboter oder digitale Assistenten, wachsen wird. «



Prof. Michael Schenk, Institutsleiter des Fraunhofer-Instituts für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF in Magdeburg.

## Editorial

Die Wirtschaft befindet sich seit Jahren in einem Umbruch. Digitalisierung, Industrie 4.0, Internet der Dinge, Automatisierung und assistierende Robotersysteme – all dies sind Bestandteile einer Entwicklung, die die Unternehmen und ihre Art zu produzieren verändert. Nicht nur die großen Konzerne befinden sich auf dem Weg in die digitalisierte Produktion. Auch die kleinen und mittleren Betriebe, ja selbst die kleinsten Unternehmen werden sich dem nicht entziehen können – oder dürfen. Und ich wette, auch Ihr Unternehmen hat bereits Maßnahmen zur Digitalisierung umgesetzt. Denn eine intelligente Digitalisierung bedeutet höhere Produktivität, Flexibilität und Qualität. Kurzum, sie verbessert die Chancen eines Unternehmens, im globalen wie im regionalen Wettbewerb zu bestehen. Und sie macht Unternehmen fit, wenn es darum geht, den kommenden Herausforderungen zu begegnen.

Nehmen wir nur den demografischen Wandel. Noch vor einigen Jahren schüttelten viele Verantwortliche in den Betrieben skeptisch den Kopf und glaubten nicht, dass es sich bald um ein echtes Problem handeln würde. Heute können wir es täglich erleben. In einer wachsenden Zahl von Branchen gibt es Nachwuchssorgen. Das trifft nicht nur Hightech-Unternehmen oder industriell produzierende

OEM. Auch und gerade das Handwerk oder die Pflegebranche kämpfen mit einem Arbeitskräftemangel. Wo die Arbeit schwer und »dreckig« ist, der Körper schneller verschleißt und das Image des Berufs nicht mehr »sexy« genug ist, wollen immer weniger junge Leute arbeiten. Die Leistungen jener Berufe, seien es Maurer, Bäcker oder Krankenpfleger, benötigen wir jedoch nach wie vor. Es braucht deshalb nur wenig Phantasie, um vorherzusehen, dass künftig in diesen Arbeitsfeldern der Bedarf an Unterstützungssystemen, wie beispielsweise Roboter oder digitale Assistenten, wachsen wird. Neben der damit verbundenen Entlastung des Menschen könnten sie, in einem schönen Nebeneffekt, auch das eine oder andere angestaubte Image eines Berufs wieder verbessern.

Selbstverständlich erleichtert die Digitalisierung aber auch die Arbeit in höher technisierten Bereichen wie in Planungsbüros, der industriellen Instandhaltung und nicht zu vergessen in der modernen Landwirtschaft. Vorausgesetzt allerdings, dass nicht einfach auf Teufel komm raus digitalisiert wird, sondern intelligente, also smarte Lösungen kreiert werden. Nur so können Sie alle davon profitieren. Dazu gehört nicht nur die durchgängige Nutzung digitaler Daten auf möglichst vielen Ebenen eines Unternehmens.

Sondern es betrifft zum Beispiel auch neue Geschäftsmodelle. Denn zu den Produkten der Zukunft gehören auch die Daten, die die industriellen digitalen Infrastrukturen generieren. So eröffnen sich ganz neue wirtschaftliche Perspektiven, die Anlass für interessante Überlegungen geben, wie Unternehmen künftig Geld verdienen können.

Das Fraunhofer IFF arbeitet seit nun genau 25 Jahren an technischen Systemen und Visionen, die Unternehmen dabei helfen, solche und andere Probleme und Herausforderungen zu meistern und ihre wirtschaftlichen Potenziale besser auszuschöpfen. In diesem Heft berichten wir wieder über einige dieser Forschungsarbeiten. Ich wünsche Ihnen beim Lesen viel Vergnügen.

Ihr Michael Schenk



## Industrie 4.0

### Neue Geschäftsmodelle in der Prozessindustrie

Bislang hieß Industrie 4.0 vor allem, erst einmal die dafür notwendigen Technologien zu entwickeln. In einem zweiten Schritt geht es nun darum, die sich daraus ergebenden Anwendungen in intelligente, gewinnbringende Lösungen zu übertragen. Die Chancen dafür stehen gut, denn die Digitalisierung eröffnet früher nicht denkbare neue Geschäftsmodelle. So könnte sich bald das Verhältnis zwischen Produzenten und Kunden grundlegend wandeln – zum Vorteil für beide Seiten. Das gilt auch für die Prozessindustrie, die bislang nur wenig von der Industrie 4.0 profitierte.

SEITE 20



### Smarte Landwirtschaft

Die Digitalisierung erobert auch die Agrarwirtschaft. Hyperspektrale Kamertechnik macht Unsichtbares sichtbar, verbessert damit Ernteergebnisse und eröffnet den Landwirten neue Geschäftsfelder.

SEITE 16



### Mensch und Roboter kommen sich näher

Digitalisierung und Automatisierung in der Produktion gehen Hand in Hand. So entstehen intelligente Assistenzsysteme, dank derer Mensch und Robotern effizient und ohne Verletzungsrisiko direkt zusammenarbeiten.

SEITE 32

## Aktuelles

- 4 Taktile Servolenkung für mehr Sicherheit und Effektivität im Lager
- 4 Vierzig Botschafter besuchen Fraunhofer IFF
- 5 Modernste VR-Technologie in Magdeburg
- 6 Ausgezeichnete Innovationen made in Sachsen-Anhalt
- 6 Innovative Forschung in Brüssel vorgestellt
- 7 Institutserweiterung – neues Zentrum für kognitive autonome Arbeitssysteme am Fraunhofer IFF
- 8 AR-LEAN – Gemeinschaftsprojekt soll RFID-Armband und Datenbrille verbinden
- 8 Prof. Michael Schenk erneut Leiter des Verbunds Produktion
- 9 Wasserstoffmobilität für Sachsen-Anhalt
- 10 App entlarvt Inhaltsstoffe

## Blitzlichtgewitter

- 12 Impressionen Wissenschaftstage 2016

## Interview

- 14 Das »Internet der Dinge« braucht neue Netze, Interview mit Markus Jenisch, Senior Solution Architect, Nokia

## Aus Forschung und Entwicklung

- 16 Smarte Landwirtschaft – Wie die Digitalisierung die Agrarwirtschaft verändert
- 20 Industrie 4.0 – Neue Geschäftsmodelle in der Prozessindustrie
- 24 WindNODE bringt Bedarf und Angebot der Energie zusammen
- 28 Konnektivität für den intelligenten Logistikraum
- 32 Mensch und Roboter kommen sich näher
- 36 Die Zukunft der Produktion in einer digitalen Welt
- 40 Die Fabrik wird digital, von der Planung bis zur Steuerung

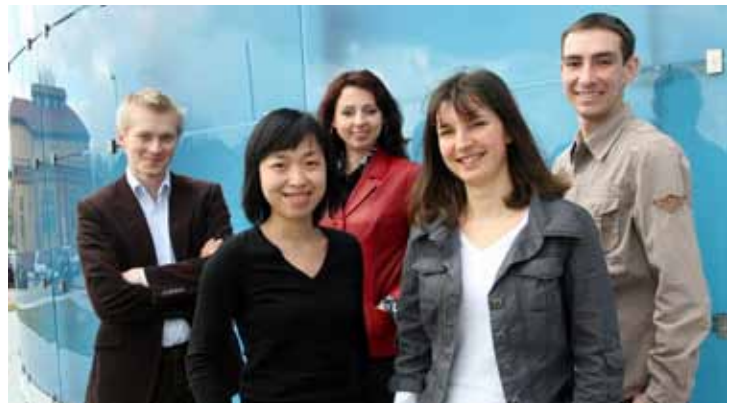
## 44 Galerie

## Kluge Köpfe

- 48 Double-Degree-Programm mit der Thammasat University in Thailand unterzeichnet
- 48 Kicker des Fraunhofer IFF auf Siegereppchen
- 48 Karriere mit Fraunhofer
- 49 18. IFF-Forschungskolloquium
- 49 Exzellente Promotion
- 50 Nachwuchsforscher zu Gast im Fraunhofer IFF
- 50 Fraunhofer fördert Wissenschaftlerinnen
- 51 Prof. Dr. Peer Witten neues Mitglied der Logistics Hall of Fame
- 51 Fraunhofer-Forschungsmanager
- 52 Best Paper Award für Robotikexperten des Fraunhofer IFF

## 52 Ausblick

## 53 Impressum



## Die Zukunft der Produktion in einer digitalen Welt

Der Mensch in der Produktion wird künftig stärker auf automatisierte und digitale Assistenzsysteme zurückgreifen können. Sie sollen ihn entlasten und für mehr Effizienz und Flexibilität sorgen. Digitale und reale Welt rücken damit noch enger zusammen.

## Kluge Köpfe

Promotionen, Auszeichnungen und wissenschaftliche Kooperationen: Hier erfahren Sie mehr über die Menschen und Forschungsnetzwerke am Fraunhofer IFF.

# Taktile Servolenkung für mehr **Sicherheit und Effektivität** im Lager



Dank der taktilen Servolenkung wird das Bewegen schwerer und unhandlicher Kommissionierwagen kinderleicht. Fotos: Fraunhofer IFF, Uwe Völkner

Kommissionierfahrzeuge in Logistikzentren lassen sich künftig intuitiver lenken. Dies erleichtert die dortige Arbeit und erhöht die Sicherheit. Möglich machen es »taktile Griffe«. Sie erkennen mittels Drucksensoren, in welche Richtung ein Nutzer den Wagen schiebt oder zieht. »Der Anwender lenkt das Gefährt allein durch den Druck seiner Hände«, erläutert Prof. Dr.-Ing. Klaus Richter, Kompetenzfeldleiter am Fraunhofer IFF. »War das Lenken früher sehr kraftaufwändig, verfügt unser Griff über eine Art Servolenkung, die das Bewegen kinderleicht macht.« Die Befehle werden an einen Motor, wie er auch für Elektrofahrräder verwendet wird,

weitergeleitet, der die weitere Bewegung übernimmt. Zusätzlich sind die Fahrzeuge – ähnlich der Car-to-Car-Kommunikation – untereinander vernetzt und verfügen über eine Annäherungserkennung. Bei Kollisionsgefahr mit anderen Wagen stoppen sie sofort. Das System soll dabei so einfach wie möglich werden. »Wir wollen die Technik minimal und damit kostengünstig halten«, erklärt Richter. Die »Taktile Servolenkung« wird im Forschungsprojekt FAST Realtime, das durch das Förderprogramm »Zwanzig20 – Partnerschaft für Innovation« des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unterstützt wird, entwickelt. ■



# **Vierzig Botschafter** besuchen Fraunhofer IFF



Fotos: Fraunhofer IFF, Viktoria Kühne

Auf Einladung von Günter Nooke, dem persönlichen Afrikabeauftragten der Bundeskanzlerin und Afrikabeauftragten des Bundesministeriums für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung, besuchten im Sommer 2016 vierzig Botschafterinnen und Botschafter afrikanischer Länder die Landeshauptstadt Magdeburg. Ein zentraler Programmpunkt der Reise war der Besuch des Fraunhofer IFF als Aushängeschild des Technologiestandorts Deutschland.

Die Gesandten informierten sich über neue Technologien für intelligente und nachhaltige Energieerzeugung, virtuelle Standortplanung und digitale Analyseverfahren für die Landwirtschaft und Lebensmittelwirtschaft. ■



# Modernste VR-Technologie in Magdeburg

In Magdeburg wird die Zukunft der virtuellen Realität maßgeblich mitgestaltet: Das Land fördert dafür die Aufrüstung und Modernisierung des »Elbe Dom« im Virtual Development and Training Centre (VDTC) des Fraunhofer IFF. Der im Jahr 2006 eingeweihte Elbe Dom gehört zu Deutschlands größten Einrichtungen für die Nutzung der virtuellen Realität für Unternehmen und Forschungseinrichtungen. Um jedoch mit der rasanten technischen Entwicklung Schritt zu halten und aktuellen und erst recht künftigen Anforderungen gerecht zu werden, ist eine Modernisierung der Anlage notwendig geworden.

Wirtschaftsminister Jörg Felgner und der Chef der Landesinvestitionsbank, Manfred Maas, überreichten am 7. November 2016 einen Förderbescheid über 2,2 Millionen Euro aus EU- und Landesmitteln an Institutsleiter Professor Michael Schenk. Felgner betonte: »Mit dem Ausbau des VDTC geben wir den Startschuss für eine neue Dimension der Nutzung virtueller Realität in Magdeburg. Das Fraunhofer IFF spielt bei diesem Thema national und international vorn mit. Damit das so bleibt, müssen nicht nur die Forscherinnen und Forscher Spitze sein, sondern auch die technische Infrastruktur.«

Insgesamt werden 2,5 Millionen Euro in den Umbau und die Erweiterung der Technik investiert. So wird das Mixed-Reality-Labor künftig über eine extra Bodenprojektion für echte 3D-VR-Simulationen, berührungsempfindliche Sensoren im Boden, optische Positions- und Bewegungserfassung und vieles mehr verfügen. Sie sollen es den menschlichen Nutzern ermöglichen, sich frei in den sie umgebenden virtuellen Welten zu bewegen und mit ihnen intuitiv zu interagieren.

Institutsleiter Professor Michael Schenk ist begeistert: »Im neuen »Elbedome 2.0« werden wir auch die kommenden wichtigen Forschungsaufgaben bearbeiten können, z.B. die Entwicklung von Technologien für die Arbeitswelt der Zukunft und für die Wirtschaft 4.0. Zugleich wird er mit seinen erweiterten Möglichkeiten Forschungspartnern und Unternehmen als digitaler Planungs- und Erlebnisraum zur Verfügung stehen können.« ■



Der »alte« Elbe Dom gehört mit seiner 360-Grad-Projektionsfläche, einem Durchmesser von 16 Metern und einer Höhe von 6,5 Metern zu den größten Visualisierungssystemen für virtuell-interaktive Anwendungen für Wirtschaft und Forschung in Deutschland. Foto: Thomas Ernsting



Der damalige Wirtschaftsminister Felgner (re) und IB-Chef Maas (li) übergeben Professor Michael Schenk, Leiter des Fraunhofer IFF, den Fördermittelbescheid. Foto: Fraunhofer IFF, Viktoria Kühne

# Ausgezeichnete Innovationen made in Sachsen-Anhalt



Die Fraunhofer-Preisträger mit Vertreterinnen der Partnerunternehmen bei der Verleihung des Hugo-Junkers-Preises 2016.  
Foto: Andreas Lander

Sachsen-Anhalt macht starke Forschung. Unternehmen und wissenschaftliche Einrichtungen des Landes produzieren regelmäßig großartige technische Innovationen. Um diese Leistungen zu würdigen und ihnen eine angemessene Aufmerksamkeit zu verschaffen, verleiht das Land jährlich den Hugo-Junkers-Preis. In fünf Kategorien werden die besten Beiträge ausgezeichnet.

## Digitales Assistenzsystem für Prozessindustrie

»Die eingereichten 89 Bewerbungen sind ein beeindruckendes Spiegelbild des Ideenreichtums und Unternehmergeistes unserer Wirtschaft und Wissenschaft in Sachsen-Anhalt«, so Wirtschaftsminister Prof. Dr. Armin Willingmann, der die Auszeichnungen überreichte. Zu den Preisträgern 2016 gehörte dreimal auch das Fraunhofer IFF. Das FuE-Projekt »CPPSprocessAssist« wurde Dritter in der Kategorie »Innovativste Allianz«. Unter der Leitung des Fraunhofer IFF entwickelt ein Konsortium aus Unternehmen und Forschungseinrichtungen ein Assistenzsystem für die digital gestützte Instandhaltung und Wartung von chemischen Anlagen. Das deutschlandweit einzige vom BMBF geförderte Vorhaben dieser Art überträgt in diesem Umfang erstmalig Prinzipien der Industrie 4.0 auf die Prozessindustrie. Das neue digitale Assistenzsystem soll die Aufwände für die Instandhaltung im Betrieb befindlicher prozesstechnischer Produktionsanlagen reduzieren sowie die automatische Dokumentation von Wartungs- und Instandsetzungsarbeiten ermöglichen.

Den zweiten Platz in der Rubrik »Innovativste Allianz« belegte das »Netzwerk InDiWa – Metaallianz zur Entwicklung und Vermarktung von Innovationen zur automatischen Inspektion von Rotorblättern«. An dem Netzwerk unter der Leitung des ZPVP GmbH / Experimentelle Fabrik ist das Fraunhofer IFF als einer von mehreren Partnern beteiligt. Ziel ist die interdisziplinäre Forschung und Entwicklung innovativer Produkte, Verfahren und Dienstleistungen zur zerstörungsfreien und automatisierten Inspektion, Diagnostik und Wartung von Windenergieanlagen.

## App entlarvt Inhaltstoffe

In der Kategorie »Innovativste Produktentwicklung« ging ebenfalls der zweite Platz an das Fraunhofer IFF. Gemeinsam mit der Strube Research GmbH entwickelten die Magdeburger Forscher einen nichtinvasiven Echtzeitscanner für das Erkennen von Krankheiten an Pflanzen. Mit einem Handscanner, einer speziell entwickelten Software und einer Smartphone-App sollen Landwirte und Pflanzenzüchter künftig zeit- und arbeitsintensive Untersuchungen von Nutzpflanzen auf einen minimalen Aufwand reduzieren können. Mittels hyperspektralanalyse werden dabei auf dem Feld die spezifischen, für das menschliche Auge nicht sichtbaren Änderungen des Stoffwechsels in den Blättern gemessen, die als Abwehrreaktion nach einem Pathogenbefall erfolgen. Innerhalb einer Sekunde »sieht« es der Scanner einer Pflanze an, ob sie gesund oder krank ist. ■

## Innovative Forschung in Brüssel vorgestellt

Am 23. Juni 2016 war das Fraunhofer IFF auf dem Sommerfest der Landesvertretung Sachsen-Anhalts unter dem Titel »Sachsen-Anhalt: Land der Ingenieure trifft Europa« in Brüssel vertreten. Als Brückenbauer zwischen Wissenschaft und Wirtschaft zeigten die Forscher neueste Entwicklungen des Fraunhofer IFF für die Logistikbranche. Sie präsentierten unter anderem eine »Taktile Servolenkung« zur leichten und intuitiven Steuerung von Kommissionierwagen und ein RFID-Armband, mit dem Objekte im Arbeits- bzw. Greifablauf automatisch identifiziert werden. Beide Technologien sorgen unmittelbar für mehr Sicherheit und Effizienz im Arbeitsprozess. Anlass war die Einladung in die Landesvertretung Sachsen-Anhalts bei der Europäischen Union durch den Ministerpräsidenten Dr. Reiner Haseloff und den Präsidenten der Ingenieurkammer Sachsen-Anhalt, Jörg Herrmann. ■



Auch Rainer Bomba (Mitte), Staatssekretär im Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, staunte über den Innovationscharakter der präsentierten Technik.  
Foto: Alexander Louvet

# Institutserweiterung – neues Zentrum für kognitive autonome Arbeitssysteme am Fraunhofer IFF



Das Fraunhofer IFF wird wachsen. Der Senat der Fraunhofer-Gesellschaft unterstützt die Pläne des Instituts und hat dem Bau eines »Zentrums für kognitive autonome Arbeitssysteme« zugestimmt. Der neue Institutsteil wird im Magdeburger Wissenschaftshafen entstehen. Das Fraunhofer IFF reagiert damit unter anderem auf die fortschreitende Veränderung der Arbeitswelt und die sich daran anschließenden Herausforderungen für alle Wirtschaftsbranchen.

So wird sich die Wirtschafts- und Arbeitswelt in Sachsen-Anhalt, Deutschland und der Europäischen Union vor dem Hintergrund der technologischen Entwicklung, der Alterung der Gesellschaft und der weiteren Zuwanderung ausländischer Arbeitskräfte grundlegend verändern. Sie wird heterogener in Bezug auf Ausbildungsmöglichkeiten, kulturellen Hintergrund, Beschäftigungsgrad, Alter und Gesundheitszustand der Beschäftigten. Flankierend führen Trends wie Individualisierung und Digitalisierung von Produkt, Produktion und Wirtschaft zu komplexer und flexibler werdenden Arbeits- und Lebenswelten. Auch stehen vielschichtige, immer neue Arbeits-

inhalte häufig wiederkehrenden, monotonen und zum Teil physisch und psychisch belastenden Tätigkeiten gegenüber. Die Arbeitssysteme der Zukunft müssen diesen Anforderungen gerecht werden. Dazu gehören neue Formen der Arbeitsorganisation, der Arbeitsgestaltung, des Lernens und der technischen Unterstützung.

Das Fraunhofer IFF arbeitet mit seinem interdisziplinären Forschungsansatz in seinem Forschungsfeld »Intelligente Arbeitssysteme« intensiv an neuen Technologien zur Bewältigung dieser Aufgaben. Insbesondere steht dabei die Weiterentwicklung der zunehmend kognitiven und selbststeuernden Fähigkeiten der technischen Systeme im Fokus. Um der steigenden Bedeutung dieser Forschung Rechnung zu tragen, werden die dafür notwendigen Kapazitäten des Instituts, seine Infrastrukturen und Ausstattungen erweitert. In den Laboren und Technika des künftigen Zentrums für kognitive autonome Arbeitssysteme wollen die Forscher unter anderem Maschinen der nächsten Generation entwickeln. Ein großer Schwerpunkt wird auf flexiblen und zum Teil selbstlernenden Assistenz-

systemen für Produktion und Dienstleistungen liegen. Dazu zählen etwa Roboter oder Prüfassistenten, mit denen Arbeitspersonen interaktiv zusammenarbeiten können, oder auch neue sensorgestützte Assistenzsysteme für komplexe Montagen. Sie sollen den Bedarf einer Unterstützung selbsttätig erkennen, diese ausführen und anhand der permanenten Überwachung von Produkt- oder Prozessabweichungen optimieren.

»Das Zentrum für kognitive autonome Arbeitssysteme ist ein wichtiger Baustein in der Digitalen Agenda des Landes Sachsen-Anhalt«, unterstreicht Professor Michael Schenk, Institutsleiter des Fraunhofer IFF. »Mit ihm kann es gelingen, Sachsen-Anhalt als Pilotland für intelligente Arbeitssysteme zu profilieren.« ■

## AR-LEAN – Gemeinschaftsprojekt soll RFID-Armband und Datenbrille verbinden



Test des integrierten Systems mit RFID-Armband und Smart Glasses. Foto: Fraunhofer IFF

Werker-Assistenzsysteme, also technische Unterstützungssysteme, die Arbeitern bei ihrer Tätigkeit, z.B. in der Industriemontage, im Lager oder bei Installationen und Reparaturen, behilflich sind, finden mehr und mehr ihren Weg in die Wirtschaft. Insbesondere digitale und funkbasierte Unterstützungssysteme für Lager- und Produktionsarbeiten, wie die Identifikation von Teilen und Produkten mit RFID (Radio Frequency Identification) oder

Smart Glasses für mobile Augmented-Reality-Lösungen, sind aktuell auf gutem Wege, sich zu etablieren. RFID-Systeme unterstützen etwa bei der Identifikation von Waren und erleichtern die Dokumentation von Greifprozessen. Lagerarbeiter beispielsweise können sich mit ihrer Hilfe immer sicher sein, das richtige Teil ausgewählt zu haben. Die Datenbrille kann ihren Trägern hingegen bestimmte Hinweise wie Auftragsdetails oder andere Kontextinformationen zu einem Produkt direkt ins Sichtfeld projizieren. Gemeinsam mit der Ubimax GmbH entwickelt das Fraunhofer IFF nun ein integriertes System, das ein von den Magdeburger Ingenieuren entwickeltes RFID-Armband und eine Smart-Glass-Lösung von Ubimax vereint.

Das Fraunhofer IFF ist als Spezialist für modernste RFID-Systeme seit Langem Partner für Produktions- und Handelsunternehmen, wenn es darum geht, Logistikprozesse zu digitalisieren und somit sicherer und effizienter zu machen.

Ubimax zählt weltweit zu den Vorreitern bei der Nutzung von Smart Glasses und der Entwicklung von AR-Anwendungen für Produktion und Logistik. Der derzeit schnell wachsende Mittelständler ist in Europa das einzige Google-Partnerunternehmen zur Nutzung der »Google Glass« in Industrieanwendungen.

In dem vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie geförderten Projekt AR-LEAN arbeiten das Fraunhofer IFF und Ubimax jetzt daran, ihre jeweils entwickelten tragbaren Assistenzsysteme, sogenannte Wearables, miteinander zu verbinden. Das Ziel ist es, RFID-Armband und Smart Glass oder auch eine Smart Watch zu einer ergonomischen und komplett mobil tragbaren Gesamtlösung für den Produktions- und Logistiksektor weiterzuentwickeln. Eine neue Softwareplattform soll zudem die Basis für die spätere Integration verschiedenster weiterer Endgeräte und die einfache Erstellung von neuen Assistanzsystemen bilden. Anfang 2018 soll das Projekt erfolgreich abgeschlossen sein. ■

## Prof. Michael Schenk erneut Leiter des Verbunds Produktion

Professor Michael Schenk, Leiter des Fraunhofer IFF, ist in seiner Position als Vorsitzender des »Fraunhofer-Verbunds Produktion« durch den Senat der Fraunhofer-Gesellschaft für weitere drei Jahre bestätigt worden. Professor Schenk leitet den Verbund erfolgreich seit 2014.



Die nun folgende zweite Amtsperiode erstreckt sich bis zum 30. September 2019. Damit verbleibt auch die Geschäftsstelle des Verbunds Produktion, die von Dr. Fabian Behrendt geleitet wird, bis 2019 am Fraunhofer IFF. Die Geschäftsstelle koordiniert gemeinsame Aktivitäten der Mitgliedsinstitute und bringt Leitthemen wie Industrie 4.0 oder E3-Produktion sowie strategische Investitionen auf den Weg. Die Bestätigung Schenks als Vorsitzender unterstreicht sowohl die positive Entwicklung des Verbunds als auch die Bedeutung der Institute in den neuen Bundesländern und ihrer Forschungsarbeit für die Entwicklung des Produktionsstandorts Deutschland.

Der Fraunhofer-Verbund Produktion der Fraunhofer-Gesellschaft wurde 1998 gegründet und ist ein Forschungs- und

# Wasserstoffmobilität für Sachsen-Anhalt

Entwicklungspartner für alle produzierenden Branchen. Elf produktionstechnisch orientierte Institute mit insgesamt etwa 1.400 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern bündeln derzeit in ihm ihre Kompetenzen für die produzierende Wirtschaft. Seine Forschungsschwerpunkte liegen auf den Gebieten »Industrie 4.0«, »Ressourceneffiziente Produktion«, »Wandlungsfähige Produktion«, »Biologisch-Chemische Produktion«, »Fabrikarbeitsplatz der Zukunft«, »Urbane Produktion«, »Leichtbau Produktionstechnologien«, »Produktion



Für Brennstoffzellenfahrzeuge wird Wasser in Wasserstoff und Sauerstoff gespalten. Der Wasserstoff wird gespeichert und kann mittels Brennstoffzelle in den Fahrzeugen wieder in elektrische Energie zum Fahren umgewandelt werden.



Staatssekretär Prof. Armin Willingmann (li), heute Wirtschaftsminister des Landes Sachsen-Anhalt, und Prof. Michael Schenk auf den 19. IFF-Wissenschaftstagen in Magdeburg.  
Foto: Fraunhofer IFF, Viktoria Kühne

für Energietechnik« und »Additive Fertigungsverfahren«. Dank enger Verbindungen zu Universitäten und Hochschulen einerseits sowie zu den industriellen Partnern andererseits vernetzen sie Forschung und Industrie eng und interdisziplinär miteinander. Damit bietet der Verbund umfassende und ganzheitliche Leistungen für die gesamte industrielle Wertschöpfungskette an. Das Ziel ist es, Unternehmen für die Produktion der Zukunft vorzubereiten und auf ihrem erfolgreichen Weg dahin zu begleiten. ■

[www.produktion.fraunhofer.de](http://www.produktion.fraunhofer.de)

Die Zukunft des Fahrzeugantriebs wird vielfältig sein. Spätestens seit der Initiative des Bundesrats, ab 2030 keine Kraftfahrzeuge mit Verbrennungsmotor mehr zuzulassen, dürfte klar sein: Wir werden unsere Autos künftig nicht mehr nur mit Diesel und Benzin antreiben. Eine Alternative werden mit Wasserstoff betriebene Brennstoffzellenfahrzeuge sein.

Während für private Kunden oder auch für Busse im öffentlichen Personennahverkehr solche umweltfreundlichen Fahrzeuge bereits marktreif zur Verfügung stehen, gibt es für gewerbliche Anwendungen bislang nur wenige Konzepte. Aus diesem Grund baut das Fraunhofer IFF gemeinsam mit Partnern wie der Abo Wind AG in Sachsen-Anhalt in Gemeinschaftsprojekten wasserstoffbetriebene Fahrzeugflotten mit Transportern oder Gabelstaplern in Industrie- und Gewerbeparks auf. Die Unternehmen sollen erproben, welche Vorteile Wasserstoff-Brennstoffzellenfahrzeuge für den Einsatz in Gewerbebetrieben, Industrie und Intralogistik bieten. Abo Wind soll hierfür nachhaltig erzeugten Wasserstoff aus erneuerbaren Energien zur Versorgung dieser Fahrzeugflotten zur Verfügung stellen. Interessierte Unternehmen haben jederzeit die Möglichkeit, an den Projekten teilzunehmen.

## Brennstoffzellentechnik für Fahrzeuge

Fahrzeuge mit Wasserstoff-Brennstoffzellenantrieb werden aus Sicht vieler Experten eine bedeutende Rolle in der Mobilität der Zukunft spielen. Bei wirtschaftlicher Produktion des Wasserstoffs gelten sie sogar als bessere Alternative zum Verbrennungsmotor als heutige rein batterieelektrische Antriebe. Wasserstoff ist leicht herstellbar, die Elektrobatterien in den Brennstoffzellenfahrzeugen sind deutlich kleiner und gewichtsparender und ein Tankvorgang dauert, genau wie heute mit Verbrennungsmotor, nur wenige Minuten. Auch ihre Ökobilanz kann deutlich besser ausfallen als die herkömmlicher Antriebe. Denn neben der Emissionsfreiheit der Fahrzeuge soll der Wasserstoff vorzugsweise als Speicher für erneuerbare Energien dienen. Mit dem Strom aus Sonne und Wind wird Wasser in Wasserstoff und Sauerstoff gespalten. Der Wasserstoff wird gespeichert und kann mittels Brennstoffzelle in den Fahrzeugen wieder in elektrische Energie zum Fahren umgewandelt werden. Und: Die Reichweite solcher Brennstoffzellenfahrzeuge ist mit 300 bis 600 Kilometern heute schon um ein Vielfaches höher als die der meisten rein batterieelektrisch betriebenen Fahrzeuge. ■



Dipl.-Ing. Torsten Birth  
Fraunhofer IFF  
Konvergente Infrastrukturen

Tel. +49 391 4090-355  
[torsten.birth@iff.fraunhofer.de](mailto:torsten.birth@iff.fraunhofer.de)

# App entlarvt Inhaltsstoffe

Forscher des Fraunhofer IFF haben eine App entwickelt, mit der man sich spezielle Inhaltsstoffe von Objekten anzeigen lassen kann. Anwendungsmöglichkeiten gibt es zahlreiche, z.B. als Hilfe bei der Qualitätskontrolle von Lebensmitteln, bei der Untersuchung von Pflanzenzuständen in der Landwirtschaft oder als Unterstützung in der Kosmetik.

Die Äpfel liegen im Bio-Regal des Supermarktes – doch ob sie eventuell mit Nicht-Bio-Äpfeln vertauscht wurden, weiß der Kunde nicht. Und das Auto ist – wenn man den Angaben des Verkäufers Glauben schenkt – unfallfrei. In vielen Situationen muss man sich auf Aussagen verlassen, ohne diese überprüfen zu können. Mit der App »HawkSpex® mobile« des Fraunhofer IFF sollen Verbraucher künftig die Möglichkeit bekommen, solche Angaben zu überprüfen. Das Prinzip: Sie zücken ihr Smartphone, öffnen die App, richten sie auf das zu prüfende Objekt – etwa den Kotflügel des gebrauchten Traumwagens – und erhalten die gewünschte Information: beispielsweise, ob das Auto an der Stelle nachlackiert wurde und eventuell doch nicht unfallfrei ist.

## Keine Hyperspektralkamera notwendig

Üblicherweise braucht man für solche Messungen eine spezielle Hyperspektralkamera: Sie justiert jeweils auf verschiedenfarbiges Licht und ermittelt, wie viel Licht dieser Farbe das jeweilige Objekt zurückwirft. So erstellt sie einen spektralen Fingerabdruck des Gegenstands. Aus diesem können die Forscher über ein mathematisches Modell beinahe beliebige Informationen über das Objekt extrahieren, etwa die Inhaltsstoffe. »Da im Smartphone keine Hyperspektralkamera integriert ist, haben wir dieses Prinzip einfach umgedreht«, erläutert Professor Seiffert, Kompetenzfeldleiter am Fraunhofer IFF. »Wir haben mit der Kamera einen breitbandigen dreikanaligen Sensor – also einen, der alle Wellenlängen misst – und beleuchten den Gegenstand mit Licht unterschiedlicher Farbe. Das heißt: Nicht die Kamera misst die Lichtintensität in den verschiedenen Farben, sondern das Display beleuchtet das Objekt



Für die Entwicklung des Prototyps der App HawkSpex® mobile arbeiteten die Forscher des Fraunhofer IFF mit verschiedenen Rohkaffee-Sorten. Die App erkennt genau, ob es sich z.B. um Arabica oder Robusta handelt. Foto: Fraunhofer IFF, Viktoria Kühne

nacheinander in Sekundenbruchteilen in einer Reihe von unterschiedlichen Farben. Intelligente Auswertelgorithmen sorgen dafür, dass die App mit der begrenzten Rechenleistung eines Smartphones auskommt und die eingeschränkten Leistungen von Kamera und Display kompensiert.«

Die erste Laborversion der auch zum Patent angemeldeten App ist fertig. Bevor sie jedoch für den privaten Nutzer veröffentlicht werden kann, entwickeln die Forscher zusammen mit Unternehmen verschiedene erste Anwendungen. Denn um analysieren zu können, ob z.B. ein Apfel ungespritzt ist, muss das System zunächst über Vergleichsmessungen angelernt werden.

Auch im kommerziellen Bereich ist die App von großem Interesse. So lassen sich mit ihr Bereiche erschließen, bei denen sich ein Präzisionsmessgerät nicht lohnen würde. Beispiele sind die Qualitätskontrolle von Lebensmitteln, die Wirksamkeit von Kosmetikprodukten oder auch die Landwirtschaft: Der Landwirt kann so beispielsweise auf einfachem Weg Aussagen dazu erhalten, ob seine Pflanzen ausreichend mit Nährstoffen versorgt sind oder ob er zum Dünger greifen sollte.

Etwa Ende 2017, hofft Seiffert, könnte die App »HawkSpex® mobile« auf den Markt kommen.



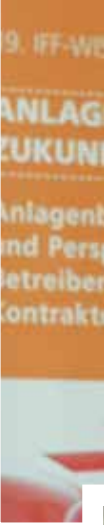
**Prof. Dr.-Ing. Udo Seiffert**  
Fraunhofer IFF  
Biosystems Engineering

Tel. +49 391 4090-107  
udo.seiffert@iff.fraunhofer.de

**20 JAHRE GASTVORTRAGSREIHE  
LOGISTIK: ENTWICKLUNG,  
PERSPEKTIVEN UND TRENDS**



**20. JUNI 2017 | 18.00 UHR  
IM FRAUNHOFER IFF MAGDEBURG**



# Wissenschaftstage 2016





# Das »Internet der Dinge«

## braucht neue Netze

### Interview mit Markus Jenisch, Senior Solution Architect, Nokia

Die Digitalisierung in Wirtschaft und Gesellschaft, die intelligente Vernetzung immer größerer Bereiche in der Industrie aber auch die in unserem Alltag, nimmt unaufhörlich zu. Während für den privaten Bedarf dafür vor allem wachsende Übertragungsraten notwendig sind, die es uns erlauben, immer größere Datenpakete auszutauschen, benötigt die Industrie noch mehr. Sollen Maschinen, Roboter oder Anlagen weltweit miteinander vernetzt sein und dennoch in Echtzeit untereinander kommunizieren, braucht es neue Telekommunikationstechnologien. Das kommende 5G-Netz und spezielle Lösungen für die Industrie, wie das »Narrowband Internet of Things« (NB-IoT), das vor allem in Gegenden mit geringer Netzabdeckung kleinvolumige Datenübertragungen für wirtschaftliche Anwendungen ermöglichen soll, werden das bieten.

#### **Damit Industrie 4.0 und das Internet der Dinge (IoT) letztlich funktionieren, ist die Einführung von leistungsfähigeren Telekommunikationsnetzen von großer Bedeutung. Was kann 5G bewirken?**

Im Zusammenhang mit Industrie 4.0 und dem Internet der Dinge ergeben sich ganz neue Anforderungen an die Netze. Einerseits wird noch mehr Bandbreite zur Übertragung von hochauflösenden Videos, wie 4k/8k oder 360-Grad-Aufnahmen, benötigt. Andererseits verlangen kleine mobile Sensoren und Aktoren nach einem sehr energieeffizienten Übertragungsverfahren, damit ein mehrjähriger Betrieb ohne Batteriewechsel möglich ist. 5G bietet neben höheren Datenraten verbesserte Spektraleffizienz, geringere Latenzzeiten und höhere Energieeffizienz. Nokia ist maßgeblich an der Erforschung und Standardisierung von 5G beteiligt.

#### **Die Vielzahl an unterschiedlichen Netztechnologien ist eine Herausforderung für die Industrie. Wie kann man eine Interoperabilität der Netze, also ihr problemloses Miteinander erreichen?**

Die Netzanforderungen an Bandbreite, Flächendeckung, Verfügbarkeit oder Latenz werden im Netz der Zukunft durch vielfältige Netzzugänge im lizenzierten und unlizenzierten Spektrum befriedigt. Die Bereitstellung

der Dienste soll weitestgehend entkoppelt von der darunterliegenden Infrastruktur erfolgen. Ansätze im Bereich »Software Defined Networks« (SDN) und die Virtualisierung von Netzfunktionen unterstützen diese Entwicklung. Für die Anforderung von kritischen Industrieanwendungen bieten sich standardisierte Mobilfunklösungen an, da sich mit diesen die Dienstgüte (QoS) so variieren lässt, wie sie gebraucht wird. Die im Mobilfunkbereich gängige Praxis, weltweite Standards zu setzen, sorgt für eine allgemein gute Interoperabilität.

#### **Störungen oder gar ein Ausfall der Telekommunikationsnetze sind für die Industrie 4.0 das Worst-Case-Szenario. Was wird getan, damit es bei Störungen keine Datenverluste in der Produktion gibt?**

Grundsätzlich gibt es mehrere Ansätze, um eine hohe Verfügbarkeit der Netze sicherzustellen. Netzknoten, wie beispielsweise Basisstationen einer Mobilfunkzelle, die sich nahe dem Nutzer befinden, werden mehr und mehr über redundante Pfade an das Kernnetz angebunden. Zudem werden Netzfunktionen zukünftig durch Virtualisierung verteilt ausgeführt, was die Ausfallsicherheit verbessert. »Small Cells«-Lösungen erhöhen die Funkabdeckung innerhalb und außerhalb von Gebäuden, minimieren also Funklöcher. Ein weiterer Aspekt, der vor allem für Anwen-

dungen mit einer schnellen Reaktionszeit des Netzes – d.h. wenige Millisekunden – wichtig ist, ist die Einführung von »Mobile Edge Computing«. Hierbei verlagert sich die Verarbeitung der Daten in die Nähe des Nutzers, sodass weite Wege bei der Datenübertragung vermieden werden.

#### **Nicht zuletzt die Logistikbranche benötigt eine energiesparende und preiswerte Funkkommunikation, bei der vernetzte kostengünstige Sensoren fünf Jahre funktionieren sollen. LPWAN-Systeme wie »Narrowband Internet of Things« (NB-IoT) sollen das bieten. Wann kommt NB-IoT und wie wird sich diese Technologie international entwickeln?**

Die Standardisierung von 3GPP-IoT-Lösungen ist bereits 2016 erfolgt. Es gibt standardisierte Lösungen, die auch kommerziell verfügbar sind, wie beispielsweise LTE Cat. M1, auch bekannt unter dem Begriff eMTC. In diesem Jahr werden NB-IoT Lösungen erwartet, die für kostensensitive Massen Anwendungen ausgelegt und unter dem Begriff LTE Cat. NB1 klassifiziert sind. Auf dem Mobile World Congress 2017 hat Nokia eine solche Narrowband-IoT-Lösung gezeigt.



» Im Zusammenhang mit Industrie 4.0 und dem Internet der Dinge ergeben sich ganz neue Anforderungen an die Netze.«

Markus Jenisch, Senior Solution Architect, Nokia  
Foto: Renz Fotografie

### **Die Logistik benötigt eine flächendeckende Konnektivität. Ist auch hier NB-IoT die Lösung?**

NB-IoT ist durch Verbesserungen in der Reichweite und beim Energieverbrauch eine Lösung, wenn nur geringe Datenvolumina übertragen werden müssen und die Kosten für Sensorik niedrig gehalten werden sollen. Das ist z.B. der Fall, wenn Container auf dem Hafengelände ihren derzeitigen Standort melden. Oder wenn Straßenlaternen oder Gebäude vorbeifahrende Fahrzeuge »registrieren«. Wir erwarten, dass die Netze der Zukunft noch höhere Datenraten ermöglichen und noch stärker in der Fläche ausgebaut werden. Daher werden unterschiedliche Technologien zum Einsatz kommen – Kupfer-, Coax- oder Glasfaserkabel genauso wie auch LTE, bzw. später 5G, im Mobilfunk. Für eine übergreifende Konnektivität über alle Technologien hinweg wird NB-IoT ebenfalls eine wichtige Rolle spielen.

### **Was müssen produzierende Unternehmen und Logistikdienstleister tun, um sich auf die neue Technik richtig vorzubereiten und die damit verbundenen Chancen zu nutzen?**

Die Vernetzung von unterschiedlichen Dingen und die Übertragung von Informationen ist nur ein Teil der Veränderungen, die die Digitalisierung mit sich bringt. Durch die Vernetzung können Informationen aus den verschiedensten Bereichen der Sensorik gesammelt und gespeichert werden. Aber erst die intelligente Verarbeitung aller verfügbaren Daten führt zu einer Optimierung von Geschäftsprozessen. Darüber hinaus können Unternehmen prüfen, welche Chancen ihnen neue innovative Dienste bieten. Ein solcher Dienst ist zum Beispiel »air to ground«, eine luftfahrtspezifische LTE-Variante, die zukünftig Echtzeit- und Ultrabreitbandkommunikation im Flugzeug unterstützt und auch der Logistik einen weiteren Schritt in die E2E-Überwachung einer Fracht ermöglichen könnte.



### **KURZVITA**

Markus Jenisch

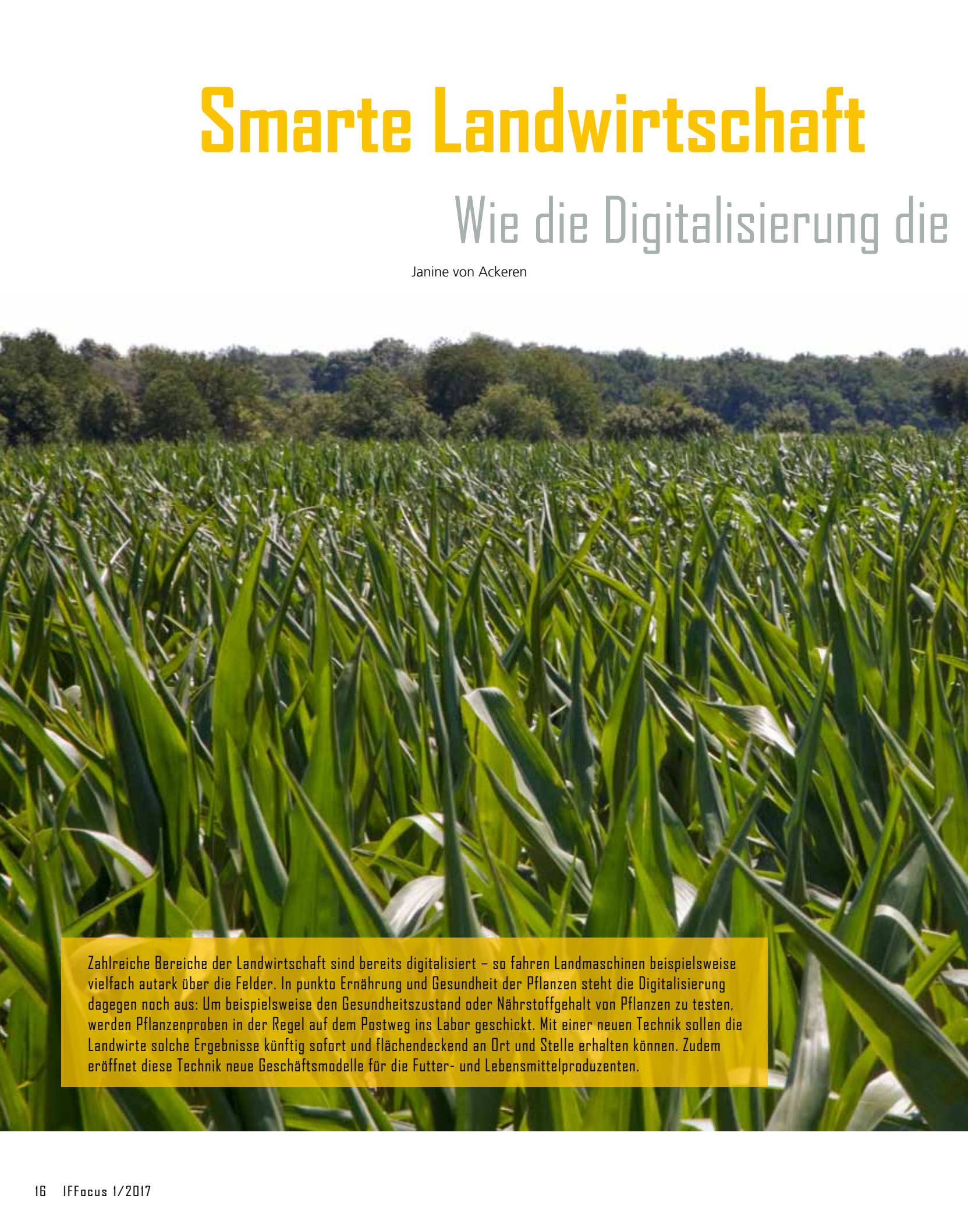
- Abschluss zum Diplom-Ingenieur der Nachrichtentechnik an der BA Stuttgart
- Entwicklung von Komponenten für Kommunikationsnetze bei Alcatel
- Manager für Netzplanung und Optimierung
- Senior Consultant für digitale Netzarchitekturen bei Alcatel-Lucent
- Senior Solution Architect zukünftiger Netzlösungen für Netzbetreiber bei Nokia

Darüber hinaus ist Markus Jenisch seit vielen Jahren als Dozent an der Dualen Hochschule Baden-Württemberg tätig und unterstützt den Nationalen IT-Gipfel der Bundesregierung mit Beiträgen.

# Smarte Landwirtschaft

## Wie die Digitalisierung die

Janine von Ackeren



Zahlreiche Bereiche der Landwirtschaft sind bereits digitalisiert – so fahren Landmaschinen beispielsweise vielfach autark über die Felder. In punkto Ernährung und Gesundheit der Pflanzen steht die Digitalisierung dagegen noch aus: Um beispielsweise den Gesundheitszustand oder Nährstoffgehalt von Pflanzen zu testen, werden Pflanzenproben in der Regel auf dem Postweg ins Labor geschickt. Mit einer neuen Technik sollen die Landwirte solche Ergebnisse künftig sofort und flächendeckend an Ort und Stelle erhalten können. Zudem eröffnet diese Technik neue Geschäftsmodelle für die Futter- und Lebensmittelproduzenten.

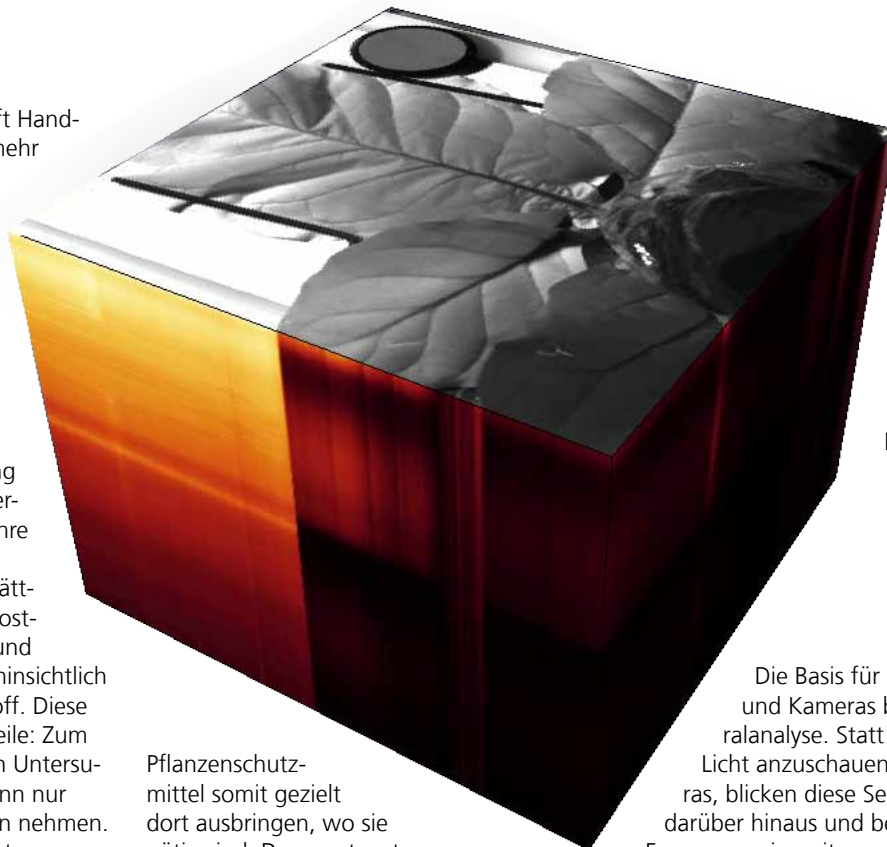
# Agrarwirtschaft verändert.

Die Zeiten, in denen Landwirtschaft Handarbeit war, sind längst passé. Vielmehr ist sie bereits in vielen Bereichen digitalisiert: Die Traktoren fahren autonom über die Äcker, über GPS weiß die Drillmaschine, an welcher Stelle sie bereits gesät hat und kann somit vermeiden, dass an einer Stelle zweimal Samen ausgebracht werden. Was den Gesundheits- und Ernährungszustand der Pflanzen angeht, ist es mit der Digitalisierung jedoch nicht allzu weit her. Üblicherweise untersuchen die Landwirte ihre Pflanzen wie folgt: Sie pflücken an ausgewählten Pflanzen ein paar Blättchen ab, schicken diese auf dem Postweg in ein nasschemisches Labor und lassen sie dort analysieren – etwa hinsichtlich Eisen, Zink, Phosphor oder Stickstoff. Diese Vorgehensweise hat jedoch Nachteile: Zum einen sind keine flächendeckenden Untersuchungen möglich, der Landwirt kann nur Stichproben von einzelnen Pflanzen nehmen. Je mehr Stichproben er nimmt, desto genauer wird zwar das Ergebnis – allerdings muss er dann auch tiefer in die Tasche greifen. Zum anderen ist die Methode nicht echtzeitfähig. Soll heißen: Es dauert etwa zwei Tage, bis das Ergebnis vorliegt.

## »Nasslabor« auf dem Feld: Alle Pflanzen in Echtzeit analysieren

Forscher des Fraunhofer IFF lassen die Digitalisierung nun auch in die Pflanzenanalyse Einzug halten. »Wir haben die Fähigkeiten des Nasslabors in Echtzeit auf das Feld gebracht«, sagt Prof. Dr. Udo Seiffert, Kompetenzfeldleiter am Fraunhofer IFF. »Mit unserer Technologie sind nicht nur Stichproben möglich wie bisher, stattdessen lässt sich das komplette Feld analysieren – jede einzelne Pflanze darauf.« Der Landwirt kann Dünger und

Pflanzenschutzmittel somit gezielt dort ausbringen, wo sie nötig sind. Das spart erstens Geld, zweitens steigert es den Ertrag, drittens schonen es die Umwelt. Das Szenario dabei könnte folgendermaßen aussehen: Der Landwirt bringt den neuartigen Sensor vorn an seinem Traktor an. Dieser misst während der Fahrt, wie es um die Pflanzen steht. Brauchen sie Dünger? Wenn ja, welchen? Die Düngerspritze, die einige Meter weiter hinten am Anhänger des Traktors angebracht ist, sprüht direkt den optimalen Dünger in der passenden Menge auf die jeweilige Stelle des Feldes. Oder aber: Der Landwirt überfliegt seine Felder mit einer speziellen Kamera, die nach dem gleichen Messprinzip arbeitet. Als Ergebnis erhält er eine komplette Versorgungskarte, die ihm anzeigt, wo welcher Bedarf an Dünger oder Pflanzenschutzmitteln besteht.



Hyperspektrale Datenstruktur eines Blattes: Die zweidimensionale Ortsinformation steht in einer Vielzahl spektraler Kanäle zur Verfügung. Bild: Fraunhofer IFF

Die Basis für besagte Sensoren und Kameras bildet die Hyperspektralanalyse. Statt nur das sichtbare Licht anzuschauen wie übliche Kameras, blicken diese Sensoren und Kameras darüber hinaus und betrachten auch die Frequenzen jenseits von Blau, Rot und Grün – also etwa Infrarot- und UV-Strahlung. Aus dem Lichtspektrum, das die Pflanzen abgeben, schließt ein mathematischer Algorithmus auf den jeweiligen Nährstoffgehalt der Gewächse oder aber auf Krankheiten, von denen sie befallen sind.

## Digitale Alternative für kleinere Betriebe

Für kleinere Betriebe mag sich eine solche Anschaffung indes nicht rentieren. Die Forscher am Fraunhofer IFF haben daher eine weitere Lösung entwickelt, mit der sich einzelne Pflanzen digital untersuchen lassen: Eine App, die direkt in die Pflanzen »hineinschaut« und spezielle Inhaltstoffe anzeigt, etwa Nährstoffgehalte. Der Landwirt braucht dazu nichts weiter als sein Smartphone. »Für

# »ÄHNLICH WIE DIE DIGITALISIERUNG IN DER INDUSTRIE 4.0 EINE GRÖßERE INDIVIDUALITÄT BEDEUTET, ERMÖGLICHEN ES DIE DATEN DER HYPERSPEKTRALSENSOREN AUCH IN DER LANDWIRTSCHAFT, PRODUKTIONSINDIVIDUELLE ENTSCHEIDUNGEN ZU TREFFEN.«

die App haben wir das Prinzip einfach umgedreht«, erläutert Seiffert. »Nicht die Kamera fährt die Lichtintensitäten in den verschiedenen Farben durch, sondern das Display beleuchtet das Objekt nacheinander in Sekundenbruchteilen in einer Reihe von unterschiedlichen Farben. Intelligente Auswertelgorithmen sorgen dafür, dass die App mit der geringen Rechenleistung eines Smartphones auskommt und die begrenzten Leistungen von Kamera und Display kompensiert. Ein ganzes Feld lässt sich mit dieser App allerdings kaum analysieren, hier bleibt es bei den Stichproben. Dafür kostenfrei und in Echtzeit.

## Mehrwert durch Kombination verschiedener Datenquellen

Doch zurück zu den Hyperspektralkameras und Sensoren. Das Ziel ist es, aus den gewonnenen Daten Handlungsempfehlungen zu generieren. Etwa: Die Pflanzen in diesem Bereich sind von Krankheit XY befallen und müssten mit diesem und jenem Pflanzenschutzmittel behandelt werden. Dafür gilt es zunächst, den riesigen Datenberg zu analysieren, den die Sensoren und Kameras zusammenbringen – man spricht hier auch von Big Data. »Hier gibt es zahlreiche Algorithmen aus dem Bereich Industrie 4.0, die man in puncto Big Data an die Fragestellungen in der Landwirtschaft anpassen kann«, erläutert Dr. Christian Teutsch, der am Fraunhofer IFF im Bereich Industrie 4.0 forscht. »Das Problem liegt weniger in der Datenauswertung selbst, als vielmehr darin, Daten aus verschiedenen Quellen zusammenzutragen – unab-

Mit einem Smartphone und der App »HawkSpex® mobile« wird die Funktionsweise einer Hyperspektralkamera einfach umgedreht. Die Ergebnisse können für eine erste individuelle Analyse, z.B. zum Erkennen von Pflanzenzuständen, genutzt werden.

Foto: Fraunhofer IFF



Luftaufnahme von Feldern. Eine Hyperspektralkamera macht die unterschiedliche Versorgung der Pflanzen mit Nährstoffen sichtbar. Mit Hilfe der optischen Sensoren und künstlicher Intelligenz werden Felder somit digital maschinenlesbar. Bild: Fraunhofer IFF



hängig davon, ob es sich um die Digitalisierung in der Industrie oder der Landwirtschaft handelt.« Denn um die Möglichkeiten der Digitalisierung voll ausschöpfen zu können, ist es nötig, die Daten der verschiedenen Quellen zusammenzuführen. Auf die Landwirtschaft gemünzt heißt das: Die Daten, die beispielsweise die Sämaschine generiert, könnten mit denen der Hyperspektralsensoren kombiniert werden. Oder auch mit meteorologischen Daten: Unter welchen Wetterbedingungen sind in der Vergangenheit welche Pflanzenkrankheiten verstärkt aufgetreten? Was kann man daraus bei der derzeitigen Wetterlage schließen? »Um einen solchen Mehrwert zu generieren, gilt es, gemeinsam mit dem Kunden herauszufinden, wo welche Daten gespeichert werden – und insbesondere zu ermitteln, welche Daten man für welche Anwendungen braucht«, sagt Teutsch.

### Digitalisierung ermöglicht neue Geschäftsmodelle

Die Forscher am Fraunhofer IFF entwickeln dabei die gesamte Kette – angefangen bei den Sensoren über das Softwaremodul zur Datenauswertung bis hin zur Internetplattform oder App für den Anwender. Dazu gehört es natürlich auch, verschiedene Geschäftsmodelle im Blick zu haben, die sich im Zuge der Digitalisierung neu eröffnen. »Ein Landmaschinenhersteller schaut anders auf die Daten als ein landwirtschaftlicher Berater, und der wiederum anders als ein Pflanzenzüchter«, erklärt Seiffert. Die Forscher des Fraunhofer IFF bieten den verschiedenen Stakeholdern daher unterschiedliche Ansätze und Geschäftsmodelle, zum einen für große Landwirtschaftsbetriebe, zum anderen für Multiplikatoren wie Berater, Landmaschinenhersteller und Pflanzenzüchter. Dazu setzen sie die Basistechnologie nun gemeinsam mit Anwendern in konkrete Lösungen um.

Eine solche ist beispielsweise die kundenindividuelle Vermarktung. »Ähnlich wie die Digitalisierung in der Industrie 4.0 eine größere Individualität bedeutet, ermöglichen es die Daten der Hyperspektralsensoren auch in der Landwirtschaft, produktionsindividuelle Entscheidungen zu treffen«, sagt Teutsch. So könne ein landwirtschaftlicher Berater mit einem Sensor den Ernährungszustand einiger



Künstliche Intelligenz benötigt umfangreiche, repräsentative Datensätze in digitaler Form. Deren Erhebung geschieht unter realitätsnahen Bedingungen, z.B. im klassischen Gemüseanbau. Hier erfassen Mitarbeiter des Fraunhofer IFF Kopfsalat mit hyperspektraler Kameratechnik. Foto: Fraunhofer IFF

Pflanzen bestimmen und daraufhin direkt am nächsten Morgen den entsprechenden, optimal angepassten Dünger liefern. Pflanzenzüchter dagegen haben einen anderen Fokus: Für sie stellen sich die Fragen, welche Eigenschaften bestimmte Kreuzungen haben und wie sie sich unter verschiedenen Düngesituationen oder Witterungsbedingungen verhalten. Auch dies ist mit dem neuen Sensor und der intelligenten Datenanalyse schnell und unkompliziert zu beantworten.

Auch abseits der Hyperspektralsensoren eröffnet die Digitalisierung neue Geschäftsmodelle, etwa hinsichtlich der Wartung von Erntemaschinen. »Bei Produktionsanlagen beispielsweise ist es mittlerweile schon üblich, dass der Hersteller vor allem über die Zusatzleistungen und den Service verdient, die individuell auf den Kunden zugeschnitten sind«, erläutert Teutsch. »Dies ist auch

bei Erntemaschinen denkbar. So könnte der Hersteller die Daten der integrierten Sensoren sammeln und auswerten, und daraus eine gewisse Ausfallwahrscheinlichkeit für die nächsten Tage ableiten. Daraufhin könnte er den Landwirt vorwarnen und ihn bitten, rechtzeitig vorher zur Wartung zu kommen.« Teure und nervenaufreibende Ausfallzeiten der Maschinen wären damit passé.



**Prof. Dr.-Ing. Udo Seiffert**  
Fraunhofer IFF  
Biosystems Engineering

Tel. +49 391 4090-107  
udo.seiffert@iff.fraunhofer.de



**Dr.-Ing. Christian Teutsch**  
Fraunhofer IFF  
Mess- und Prüftechnik

Tel. +49 391 4090-239  
christian.teutsch@iff.fraunhofer.de

# Industrie 4.0



## Neue Geschäftsmodelle in der Prozessindustrie

Dr.-Ing. Nico Zobel

Industrie 4.0 – das hieß bislang vor allem, die dafür notwendigen Technologien zu entwickeln. Im zweiten Schritt stehen nun vollkommen neue Geschäftsmodelle im Fokus, die sich aufgrund dieser Entwicklung ergeben. So könnte der Kunde künftig für die Nutzung zahlen, statt wie bisher für das Produkt.

Mal eben an den Badesee in den Bergen? Oder einen Ausflug ins Grüne, raus aus der Stadt? Ohne Auto ist das oft mit viel Aufhebens verbunden. In den Städten dagegen kommt man mit U-Bahnen, S-Bahnen und Bussen meist schneller und stressfreier ans Ziel. Hier setzen viele Menschen gar nicht mehr auf das eigene Auto, sondern nutzen hauptsächlich die öffentlichen Verkehrsmittel oder sogar Car-Sharing-Dienste. In letzterem Fall heißt das: Sie sparen sich die Anschaffungskosten sowie den ständigen Unterhalt – sprich Steuern, Versicherung und eventuell Kosten für eine Garage oder einen Stellplatz – und zahlen stattdessen einen geringen monatlichen Obulus sowie die tatsächlich gefah-



renen Kilometer. Auch in der Industrie sind solche Geschäftsmodelle bereits zu finden. So gibt es Lackhersteller, die ihr Produkt nicht mehr per Liter Lack anbieten, sondern per fertig lackierter Autokarosserie. Ein anderes Beispiel: Firmen, die beispielsweise Prozessdampf für ihre Produktion benötigen, bauten sich üblicherweise ein eigenes Kraftwerk dafür. Mittlerweile gibt es Anbieter, die ein solches Kraftwerk beim Kunden auf eigene Kosten bauen und als Dienstleistung direkt den benötigten Prozessdampf zur Verfügung stellen. Abgerechnet wird je nach Verbrauch.

### **Industrie 4.0 geht Hand in Hand mit neuen Geschäftsmodellen**

Ein solches Geschäftsmodell ist ein Trend, der sich seit Jahren abzeichnet – es ist daher ein logischer Schritt, dass sich dies auch in Zukunft weiter fortsetzen wird. Denn während es in der ersten Phase der Industrie 4.0 vor al-

lem um die technische Dimension ging – also um die Frage: Wie lassen sich die Intelligenz der einzelnen Anlagen und die Kommunikation untereinander realisieren? – steht nun in der zweiten Phase ein anderer Punkt im Fokus: Welche neuen Geschäftsmodelle lassen sich aus den technischen Möglichkeiten entwickeln? Hier eröffnen sich gänzlich neue wirtschaftliche Möglichkeiten.

Am Fraunhofer IFF arbeiten wir daher mit unterschiedlichen Partnern aus der Industrie daran, diese Möglichkeiten technisch umzusetzen und auszuprobieren. Welches Potenzial dahintersteckt, lässt sich am besten an einem Beispiel aufzeigen: etwa an Industrie-

filtern. Statt die Industriefilter selbst anzuschaffen, könnten die Kunden sie gegen eine Nutzungsgebühr verwenden. Das bringt dem Kunden zahlreiche Vorteile. Zum einen verlagert sich das Investitionsrisiko von ihm hin zum Anbieter. Der Kunde muss die hohen Anschaffungskosten für die Filter also nicht mehr selbst tragen, sondern überlässt die Anschaffung dem Hersteller. Zum anderen zahlt er nur noch dann, wenn er die Filter auch nutzt. Dies stellt auch den Hauptunterschied zum Mieten oder Leasen dar.



# »NEUE DIENSTLEISTUNGEN ANZUBIETEN STEHT MOMENTAN HOCH IM KURS«

Die chemische Industrie konnte bislang nur wenig von Industrie 4.0 profitieren. Geht es nach den Forschern des Fraunhofer IFF, soll sich das bald ändern. Foto: Industrieblick, Fotolia

Während man beim Mieten einen Festpreis bezahlt – und zwar auch dann, wenn das gemietete Objekt ungenutzt in der Ecke vor sich hin staubt – wird im neuen Geschäftsmodell neben einem niedrig angesetzten Grundbetrag nur dann eine Gebühr fällig, wenn man das Objekt benutzt.

So weit, so gut. Doch warum sollten Anbieter so etwas tun und die Anschaffungskosten auf ihre Kappe nehmen? Auch für die Anbieter bringt ein solches Geschäftsmodell viele Vorteile. Nehmen wir beispielsweise einen Industriefilter für 50.000 Euro. Kauft der Kunde diesen Filter, amortisiert er sich nach einer gewissen Zeit, sagen wir nach zehn Jahren. Nun hat der Filter aber eine Lebensdauer von zwanzig Jahren. Würde der Anbieter über das neue Geschäftsmodell abrechnen, liegt zwar das Anschaffungsrisiko bei ihm, allerdings verdient er über die gesamte Lebensdauer des Filters. Und zwar gewinnt der Anbieter nicht nur Geld, er wird auch zusätzlich in

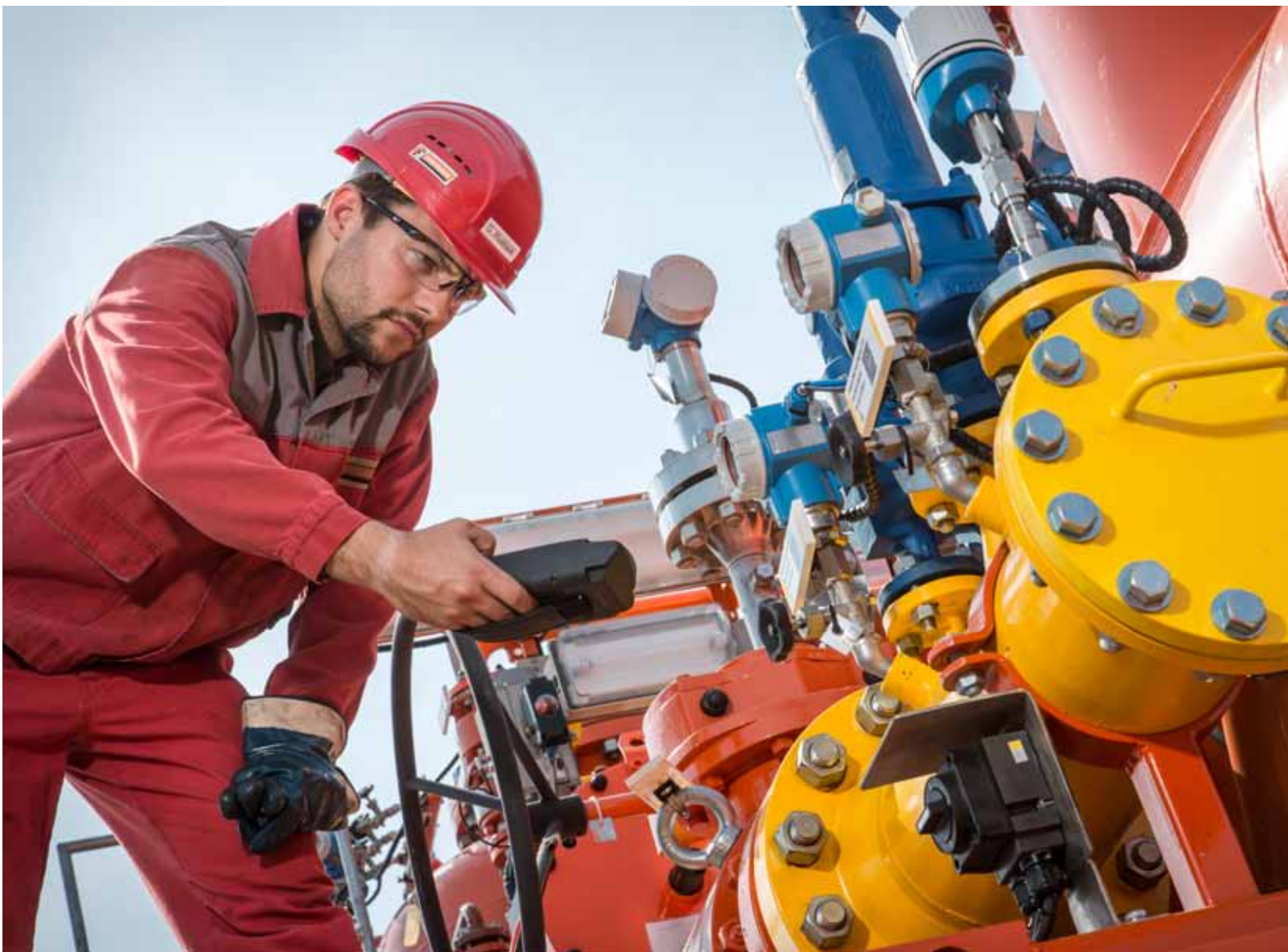
einer weiteren Währung bezahlt: Er erhält ständig und dauerhaft Daten über den Filter. Während es heutzutage so ist, dass der Anwender viel mehr über die Filter und ihr Verhalten im realen Arbeitsprozess weiß als der Hersteller, würde sich dies zugunsten des Herstellers ändern. Diese Daten lassen sich in bares Geld ummünzen und können einen großen Wettbewerbsvorteil schaffen. Über die Daten, die die Betreiber der Filter erhalten, können sie beispielsweise die Instandhaltung besser im Blick behalten und somit die Betriebskosten reduzieren. Der Hersteller, der seine Apparaturen oder Filter am besten kennt, arbeitet am effektivsten und kann es sich daher leisten, geringere Gebühren anzusetzen. Damit verschafft er sich einen enormen Vorteil gegenüber der Konkurrenz.

Einen Teil des Investitionsrisikos können die Anbieter wiederum an ihre Lieferanten weitergeben. Anbieter größerer Komponenten sind ja in gewissem Sinne auch Kunden. So

kaufen sie etwa Filter, Kessel, Förderbänder und ähnliches hinzu. Würde man hier die Anschaffungskosten auf die Lieferanten der Einzelkomponenten verlagern, hat man das Investitionsrisiko auf mehrere Schultern verteilt. Das Investmentrisiko dürfte in den nächsten Jahren zunehmend an die Hersteller der einzelnen Komponenten weitergereicht werden. Es könnte auch komplett neue Marktteilnehmer geben. Etwa neue Investoren, die eine Verbindung zwischen Hersteller und Kunden schaffen, indem sie die Investitionskosten übernehmen und die verschiedenen Geräte als Dienstleistung bei den Kunden betreiben.

## Geschäftsmodelle exakt simulieren

Dieses Marktmodell wird sich mit großer Sicherheit in Teilen der Industrie durchsetzen. Es ist der nächste logische Schritt: Die Frage ist weniger, ob es kommt, als vielmehr, wer den ersten Schritt tut. Ist der erst getan,



bieten sich dem Kunden Vorteile. Für die anderen Anbieter gilt es, hinterherzuziehen. Am Fraunhofer IFF wollen wir daher mit einigen Partnern untersuchen, wie ein solches Geschäftsmodell genau aussehen könnte. Wie hoch muss die Grundgebühr sein? Wie hoch die Nutzungsgebühren? Um solche und ähnliche Fragen zu klären, bringen wir Mengenzähler an einer festgelegten Zahl von Komponenten an, also etwa an zehn Filtern, um bei diesem Beispiel zu bleiben. Anhand der erhobenen Daten, die auf einem zentralen Server zusammengeführt werden, und der Daten, die bisher schon in den Firmen vorliegen, berechnen wir verschiedene Abrechnungsmodelle. Wir deklinieren also alle Parameter durch. Dabei gilt es, eine sinnvolle Quersubventionierung einzubauen. Denn während der eine Filter dreißig Jahre lang nahezu durchläuft, werden andere nur zehn Prozent der Zeit genutzt. All das gilt es zu berücksichtigen. Auch die Lebensdauer der einzelnen Filter muss mit einbezogen

werden. Anschließend erstellen wir aus den erhaltenen Daten Prognosen für die Instandhaltung. So braucht vielleicht eine Dichtung, die bisher routinemäßig jedes halbe Jahr ausgewechselt wurde, nur alle neun Monate ausgetauscht zu werden.

Dies ist allerdings nur ein neues Geschäftsmodell, das sich auf Basis von Industrie 4.0 durchsetzen könnte. Es gibt noch Dutzende anderer Geschäftsmodelle. Viele davon fußen auf zentral zusammengetragenen Betriebsdaten, die bisher isoliert auf einzelnen Rechnern

Die Digitalisierung wird auch die Instandhaltung in der Prozessindustrie verändern. Foto: Fraunhofer IFF, Dirk Mahler

oder Servern gespeichert wurden. So könnte man über einen bestimmten Produktionsstandort hinaus Daten kombinieren und darauf fußend Dienstleistungen anbieten – etwa eine Warnung ausgeben: Vorsicht, die folgende Anlage läuft ineffizient. Bis sich solche neuen datenbasierten Geschäftsmodelle durchsetzen werden, ist zwar noch einiges zu tun. Aber neue Dienstleistungen anzubieten steht momentan hoch im Kurs.



**Dr.-Ing. Nico Zobel**  
Fraunhofer IFF  
Konvergente Infrastrukturen

Tel. +49 391 4090-363  
nico.zobel@iff.fraunhofer.de

# WindNODE bringt Bedarf und Angebot der Energie zusammen

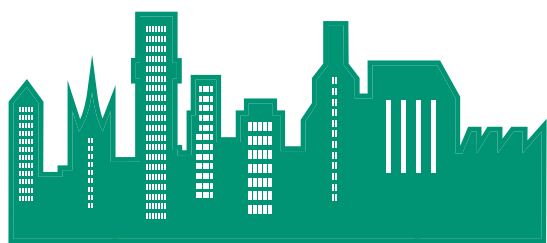
Janine von Ackeren

Die Erzeugung von Strom aus erneuerbaren Quellen war bislang der wichtigste und auch sichtbarste Teil der Energiewende in Deutschland. Jetzt geht es darum, das schwankende Angebot an Ökostrom, die Netzstabilität, herkömmliche Energiequellen und die Nachfrageseite miteinander in Einklang zu bringen.

Zweiunddreißig Prozent des in Deutschland verbrauchten Stroms werden heute aus nicht-fossilen, also erneuerbaren Energiequellen erzeugt – ein Wert, der allerdings regional sehr unterschiedlich ist. Vor allem in den ostdeutschen Bundesländern Brandenburg und Sachsen-Anhalt liegt diese Erzeugung über das Jahr gerechnet bereits bei mehr als siebenzig Prozent. An immer mehr Tagen des Jahres übersteigt die Stromproduktion aus solchen Quellen den Gesamtbedarf im Netzgebiet. Da zudem die hier befindlichen Kohlekraftwerke nicht unter eine Mindestlast von durchschnittlich fünfzig Prozent gefahren

werden können, bleibt nur, den Überschuss durch verfügbare Höchstspannungsleitungen in andere Verbrauchsgebiete zu transportieren. Wenn diese Leitungskapazitäten auch ausgeschöpft sind, heißt die Ultima Ratio »Redispatch«: Die Netzbetreiber greifen in die Stromerzeugung ein und regeln die Einspeisung soweit herunter, dass Frequenz und Spannung auf dem gewünschten Niveau stabil gehalten werden können. Das kann aber dazu führen, dass den Kraftwerksbetreibern finanzielle Nachteile entstehen. In solchen Fällen erhalten sie dann eine Entschädigung. Die Kosten dafür werden auf die Netzentgelte umgelegt, wel-

che wiederum die Verbraucherinnen und Verbraucher mitfinanzieren. Laut Bundesnetzagentur betragen die Gesamtkosten für diese Netz- und Systemsicherheitsmaßnahmen in Deutschland im Jahr 2015 ca. eine Milliarde Euro.



Kein Wunder also, dass intensiv nach Lösungen gesucht wird, um die Lücke zwischen Angebot und Nachfrage zu schließen, die von den stark schwankenden Erzeugungsleistungen auf der einen und durch die Tages- und Jahresverbrauchsspitzen auf der anderen Seite beeinflusst werden.

### Großangelegtes Forschungsprojekt

Rund anderthalb Jahre dauerte die Vorbereitung, bis Anfang Dezember 2016 das breit angelegte Forschungsprojekt WindNODE starten konnte. Vier Jahre lang untersuchen unter Leitung des Übertragungsnetzbetreibers 50Hertz Transmission Partner aus der Wissenschaft und Wirtschaft, wie die fluktuierend anfallenden Strommengen aus regenerativen und nicht-regenerativen Quellen am sichersten und effektivsten in die Netze integriert werden können. Dabei konzentrieren sie sich auf die neuen Bundesländer und Berlin.

Einen wichtigen Anteil an dem Projekt hat auch das Magdeburger Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF. Hier wird bereits seit Jahren intensiv an Systemen zum sicheren Management von Energienetzen gearbeitet. »In WindNODE werden wir am Fraunhofer IFF gemeinsam mit unseren Partnern erforschen, welche Vernetzungstechnologie zwischen den Erzeugern, Verbrauchern und der Infrastruktur

die besten Effekte für eine sichere und effiziente Energieversorgung erbringen kann«, erklärt Dr. Przemyslaw Komarnicki, der die Projektarbeit am Institut leitet. Dafür wird bis zum Jahre 2018 ein technischer Demonstrator am Institut errichtet.

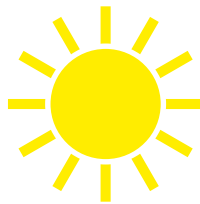
Die Idee hinter WindNODE lässt sich am besten mit optimierten Lastverschiebungen in der Industrie, dem öffentlichen und dem privaten Sektor umschreiben. Das heißt, einerseits sollen diese Verbraucher in die Lage versetzt werden, ihren Verbrauch von Strom stärker an dessen regionale und temporäre Ver-

fügarkeit anzupassen. Gleichzeitig sollen die Übertragungs- und Verteilnetze sowie dezentrale Energiespeicher für einen zusätzlichen Puffer bei Verfügbarkeitschwankungen sorgen.

### Großbatterien stabilisieren Energienetze

Wie sich das auswirkt, können die Forscher des Fraunhofer IFF eindrucksvoll demonstrieren. Im Magdeburger Wissenschaftshafen, direkt an der Elbe, befindet sich das Virtual Development and Training Centre VDTVC des Fraunhofer IFF. Neben dem Gebäude steht eine transportable Großbatterie mit der Leistung von einem Megawatt. Acht Lithium-Ionen-Batteriestränge mit insgesamt fünftausend Batteriezellen sind darin untergebracht. Die Batterie kann wahlweise mit Energie aus dem Netz oder der institutseigenen Photovoltaikanlage gespeist werden. Mit ihr und Dank eines von ihnen entwickelten intelligenten Energiemanagementsystems können die Forscher ihr Institutsgebäude, in dem bis zu einhundertfünfzig Mitarbeiter, Büros und verschiedene Laborkontainer untergebracht sind, problemlos für mehrere Stunden mit Energie versorgen. Alternativ könnten mit dem Speicher etwa einhundert normale Haushalte vierundzwanzig Stunden lang ohne Stromzufuhr aus dem herkömmlichen Leitungsnetz auskommen.

Solche Speicher können zum Einsatz kommen, wenn das Energieangebot in den Versorgungsnetzen einmal schwankt. Sie gleichen den Bedarf in zwei Richtungen aus. Einmal, um Stromengpässe abzufangen und gespeicherte Energie in das





» IN WINDNODE WERDEN WIR AM FRAUNHOFER IFF GEMEINSAM MIT UNSEREN PARTNERN ERFORSCHEN, WELCHE VERNETZUNGSTECHNOLOGIE ZWISCHEN DEN ERZEUGERN, VERBRAUCHERN UND DER INFRASTRUKTUR DIE BESTEN EFFEKTE FÜR EINE SICHERE UND EFFIZIENTE ENERGIEVERSORGUNG ERBRINGEN KANN. «

regionale Stromnetz oder die individuelle Versorgung eines Hauses einzuspeisen. Und zum anderen, um bei einem Überangebot an Strom diesen aufzufangen und die überlasteten Netze abzuf puffern.

Die Zellen liefern jeweils 3,7 Volt und sind in Reihe geschaltet. Während eines Demonstrationsversuchs zeigt Dr. Komarnicki Besuchern ein Schaltbild. Strom kommt von den Photovoltaikzellen auf dem Dach des Instituts, die Batterien sind fast voll, zwei Elektroautos stehen an den Ladesäulen. »Wir nehmen jetzt mal das Institut vom Netz«, sagt er und schaltet. In den Räumen ist nichts zu spüren, die Computer laufen weiter, auch im Technikum, wo einige Roboter ihre Arme schwenken, merken die Mitarbeiter nicht einmal, dass sich der Stromfluss ändert. Die Batterie wird für ein paar Minuten zum Stromlieferanten und könnte so, bei einem Energieengpass, das lokale Netz stabilisieren helfen. Natürlich funktioniert das Ganze auch andersherum: Wenn zu viel Strom im Netz ist, werden sämt-

liche Speicher geladen, eventuell sogar einige Zusatzverbraucher wie Druckluftkompressoren, elektrische Wärmegeräte oder eine Klimaanlage zugeschaltet.

### Steuerung durch intelligente Energiemanagementsysteme

Damit das Ganze funktioniert, braucht es jedoch ausgeklügelte Software: das intelligente Energiemanagementsystem der Fraunhofer-IFF-Forscher, das den Ausgleich von Stromangebot und -nachfrage steuert. Mit dieser Software des Fraunhofer IFF lassen sich aber auch in der Zukunft ganz alltägliche Managementfunktionen berechnen. So kann es künftig ökonomisch durchaus sinnvoll sein, bei einem Stromengpass auf das vorhandene Elektrofahrzeug zu verzichten und stattdessen den in seinen Batterien gespeicherten Strom dem Netz per Rückspeisung zur Verfügung zu stellen. »Bei solchen Situationen kann dann die Nutzung eines Taxis – was natürlich abhängig von der Fahrtstrecke be-

rechnet werden muss – kostengünstiger sein, weil der Strom dann sehr teuer und ein Verkaufserlös aus der Einspeisung sehr lukrativ ist«, nennt Dr. Komarnicki ein Beispiel für den privaten Nutzer. Das Ganze ließe sich natürlich auch auf industrielle Maßstäbe übertragen – und bekommt dann absolut nennenswerte und auch für Unternehmen ökonomisch relevante Dimensionen.

Der Einsatz von Batteriegroßspeichern und abschaltbaren Lasten in der Industrie kann daher nicht nur die Netze stabilisieren und Netzausbaukosten senken, sondern auch Kostenreduzierungen und sogar interessante Geschäftsmodelle für Unternehmen mit sich bringen. Entsprechend groß ist das Interesse der Industrie an dem Projekt WindNODE. Zu den Projektpartnern gehören hier unter anderem Siemens und die Infraleuna GmbH, das als großes Dienstleistungs- und Versorgungsunternehmen den Chemiestandort Leuna in Sachsen-Anhalt mit allen benötigten Medien versorgt.



Mobiler Energiespeicher des Fraunhofer IFF. Fünftausend Batteriezellen stecken in dem Container (siehe Bild linke Seite). Fotos: Fraunhofer IFF, Daniela Martin

Naturgemäß sind in solchen hochkomplexen Systemen der Industrie deutlich mehr Komponenten für eine optimierte Verbrauchssteuerung zu berücksichtigen. Zum Teil haben die Unternehmen sogar ein eigenes Versorgungsnetz und auch die Geschäftsmodelle unterscheiden sich. Dennoch sind die Steuerungsalgorithmen ähnlich und müssen nur für den jeweiligen Betrachtungsfall angepasst und gegebenenfalls erweitert werden. Hinzu kommen soll aber auch eine Prognoserechnung für die Erzeugung von Energie. Komarnicki ist überzeugt: »Die Marktsignale für den Preis des Stroms werden eine entscheidende Rolle für die Steuerung dieser Systeme spielen.«

### Neue Geschäftsmodelle möglich

Die Potenziale sind erheblich: Während WindNODE Mindestgrößen solch steuerbarer Lasten von 1,5 bis 2 Megawatt definiert, kommen in der Industrie häufig Größenordnungen vor, die um mehrere Zehnerpotenzen

größer sind. Antriebe oder Pumpen haben hohe Anschlussleistungen, einige müssen kontinuierlich laufen, andere nicht. »Es reicht hier mitunter bereits, zwei große Verdichter einer Anlage nicht völlig synchron zu starten, um eine Lastspitze zu kappen«, sagt Dr. Komarnicki. Allerdings reicht der Anspruch von WindNODE weit über solche relativ einfachen Einzellösungen hinaus.

Gegenüber dem bisher am Institut entwickelten Strommanagementsystem soll WindNODE noch einen weiteren wesentlichen Fortschritt bringen. Es geht nicht mehr allein um den Sektor elektrische Energie. Vielmehr werden auch andere Bereiche wie Wärme oder Gas oder Druckluft betrachtet. Deshalb wird der neue Demonstrator am Institut auch zusätzlich über eine Power-to-Gas- und Power-to-Heat-Anlage ver-

fügen, die aus überschüssigem Strom Wasserstoff bzw. Wärme produziert. Dieser kann in zukünftigen Energiesystemen, beispielsweise in Brennstoffzellen, wieder verstromt oder auch zur Wärmeerzeugung genutzt werden. Die Speichergröße des Gesamtsystems wird damit gegenüber den heutigen Batteriespeichern deutlich erweitert. Alternativ können Strom oder Wärme dann entweder selbst genutzt oder verkauft werden, was nicht nur für Industrieparks ein interessantes Geschäftsmodell sein könnte.



Dr.-Ing. Przemyslaw Komarnicki  
Fraunhofer IFF  
Konvergente Infrastrukturen

Tel. +49 391 4090-373  
przemyslaw.komarnicki@iff.fraunhofer.de

# Konnektivität

## für den intelligenten Logistikraum

Hon. Prof. Dr.-Ing. Klaus Richter



Logistik-HUB Flughafen Leipzig/Halle. Foto: Fraunhofer IFF, Dirk Mahler



# » LPWAN WIRD SICH ALS NEUE BASISTECHNOLOGIE FÜR DIE GESTALTUNG INNOVATIVER DATENDREHSCHLEIBEN UND SOMIT NEUER GESCHÄFTSMODELLE ETABLIEREN.«

## Der intelligente Logistikraum

Logistik 4.0 versteht sich als Integrator für alle industriellen Anwendungsgebiete in der Gigabit-Gesellschaft. Logistik 4.0 umfasst ähnlich zu Industrie 4.0 digitalisierte Prozesse und Systeme, die auf einem kontinuierlichen Datenaustausch bei menschlichen Akteuren und technischen Objekten beruhen. In Logistik 4.0 wird das Ecosystem eines systemisch abgrenzbaren Strukturraums mit seinen logistischen Prozessen und den daran beteiligten Personen, den mobilen und infrastrukturellen logistischen Komponenten sowie der dafür notwendigen IT-technischen Umgebung intelligenz als intelligenter Logistikraum definiert. Diese logistisch motivierte Raumkategorie ermöglicht es den Akteuren aus Logistik und Telekommunikation, gemeinsam Kommunikationsservices zu spezifizieren, zu standardisieren sowie regional/weltweit für neue Logistik-4.0-Geschäftsmodelle anzubieten. Die neue 5G-Mobilfunkgeneration wird den Anforderungen des intelligenten Logistikraums hinsichtlich einer durchgängigen Konnektivität durch ihre Konvergenz der Kommunikationsnetze erstmalig genügen.

## Logistik-konnektivität

Die Logistik benötigt eine Konnektivität, wenn auch mit geringen Datenraten, um lückenlos über die gesamte weltweite Logistikkette hinweg bis an die Montagelinie des produzierenden Unternehmens oder bis zum privaten Endkunden im ländlichen Raum kommunizieren zu können.

Die Anforderungen an ein derartiges energiesparsames Weiterverkehrsnetz hinsichtlich geringer Invest- und Kommunikationskosten, hoher Lebensdauer und flächendeckender Verfügbarkeit konnten bisher durch die Telekommunikationsindustrie nicht bedient werden.

Breitbandige Kommunikationsverbindungen kommen bereits bei örtlich abgesetzten Röntgenkontrollen, in der videobasierten Situationsanalyse im Logistikhub oder beim privaten Endkunden zum Einsatz, können zukünftig aber auch für den Vergleich multispektraler Frachtfingerprints innerhalb der internationalen Logistikkette von Interesse sein.



LPWAN-Gateway auf einem Gebäude des Fraunhofer IFF. Foto: Fraunhofer IFF

Bezüglich der Konnektivität stellen sich damit für die Logistikbranche zwei Forderungen auf; einerseits die extensive Nutzung von funkbasierten Breitbandverbindungen (Cellular) zur echtzeitnahen Beurteilung des Warenumschlags als Gefahrenübergang zwischen zwei Stakeholdern und andererseits die Integration energiesparsamer Weitverkehrsnetze (LPWAN) mit geringerem Datenaufkommen zur durchgängigen Konnektivität in die Logistikprozesse. Daneben etablieren sich weiter die Anwendungen in der Kurzstreckenfunktechnik (WPAN) zur Vermeidung von Kabelverbindungen bei der Kommunikation zwischen persönlichen Endgeräten und Funkknoten am Objekt.

### Logistik-konnektivität als Service der Telekommunikationsindustrie

Logistik-konnektivität benötigt Services der Telekommunikationsindustrie, um in einem intelligenten Logistikraum mit Hilfe der Konvergenz der Netze bedarfsgerecht und ohne feste Grenzen einen Kommunikationszugang

für das logistische Objekt, das Betriebsmittel oder den menschlichen Akteur bereitzustellen. Frachtstücke und Ladungsträger sind international unterwegs und benötigen die Konnektivität regionen- und grenzübergreifend. Lückenlose Konnektivität bedeutet auch Konnektivität auf dem Verkehrsmittel, ob nun Flugzeug oder Schiff. Zollorganen und Sicherheitsbehörden muss ein effizienter Zugriff auf Informationen ermöglicht werden. Die Regularien müssen ein Roaming zwischen unterschiedlichen Netzanbietern diskriminierungsfrei ermöglichen. Netze und Telekommunikationsangebote müssen entsprechend der Kurzfristigkeit in der Kontraktlogistik dynamisch anpassbar sein (Network-slicing) und den Anforderungen entsprechend eine Logistik-konnektivität bis an die Montagelinie in der Fabrikhalle anbieten. Die Kommunikationsverbindung sollte gleichzeitig eine Lokalisierung des logistischen Objekts ermöglichen, wenn die Freigabe für diese Informationsermittlung erteilt wird. Internationale Logistik bedeutet auch die Einhaltung internationaler Regelwerke zur zivilen

Sicherheit entlang der gesamten Transportkette. Netzwerkneutralität darf diesen Forderungen nicht entgegenwirken.

### LPWAN – eine neue Basiskonnektivität für die Logistik

Aktuell beflügeln die Roadmaps zu Industrie 4.0, Industrial Internet und Internet of Things die Entwicklung neuer Funktechnologien. Mit Low Power Wide Area Networks (LPWAN) stehen erstmalig Angebote der Telekommunikationsindustrie im Wettbewerb, die das Marktsegment energiesparsamer Weitverkehrsnetze bedienen. LPWAN-Technologien sind Kommunikationsverfahren, mit denen der mobil oder stationär betriebene Funkknoten eine Kommunikation mit dem Netzwerkserver entweder über lizenzfreie Frequenzen in einem ISM-Band (siehe LoRaWAN, Sigfox u. a.) oder über lizenzierte Mobilfunkfrequenzen (siehe NB-IoT, NB-LTE u. a.) aufbaut. LPWAN-Technologien sind für logistische Einsatzzwecke von großem Interesse, um einen langlebigen Zugriff auf batteriebe-





# Mensch und Roboter kommen sich näher

Manfred Schulze



Digitalisierung und Automatisierung in der Produktion gehen Hand in Hand. Die Forscher des Fraunhofer IFF setzen für eine sichere Zusammenarbeit von Mensch und Roboter unter anderem taktile Sensoren, Kameras und Augmented-Reality-Technologien ein und kombinieren diese auf neue Art und Weise. So entwickeln sie intelligente Assistenzsysteme, die es dem Menschen gestatten, mit Robotern effizient und ohne Verletzungsrisiko direkt zusammenzuarbeiten.

Der Blick in eine Werkhalle bei BMW, Volkswagen, Opel oder Mercedes, in der Roboter in einem Funkenregen Karosserieteile zusammenschweißen, zeigt in der Regel kaum einen menschlichen Mitarbeiter. Einige Jahre lang wurde diese Sicht auf eine praktisch vollautomatisierte Produktion generalisierend als zukunftsprägend angesehen. Schließlich machen Maschinen keine Fehler, brauchen keinen Urlaub und ermüden selbst dann nicht, wenn sie schon zwei Schichten hinter sich haben.

Doch längst nicht alle Arbeitsschritte sind für eine komplette Roboterisierung geeignet. Bleiben wir beim Automobilbau: Vor allem in der Endmontage wäre es vielmehr wichtig, wenn die Geschicklichkeit menschlicher Hände, die Fähigkeit der fünf Sinne mit der Kraft und Schnelligkeit der Maschinenarme zu kombinieren sind.

Doch bei dieser Kollaboration zwischen Mensch und Maschine gibt es eine große Hürde, die mit Masse und Geschwindigkeit zu tun hat. Denn eine Kollision zwischen beiden muss ausgeschlossen werden, wenn die Berührung zu einem Schmerzempfinden oder gar einer Verletzung des Menschen führen würde. Wobei auch hier der Mensch das Problem sein kann. Er kann die Maschine zwar sehen. Aber erstens weiß er oftmals nicht, welche Bewegung der stählerne Kollege als nächstes auszuführen gedenkt. Und zum anderen sind Menschen naturgemäß nicht ständig so achtsam, dass sie nicht unbeabsichtigt in die Gefahrenzone geraten könnten.

Aus diesem Grund sind in den Fabrikhallen der Gegenwart die unmittelbaren Arbeitsbereiche der Roboter für Menschen in der Regel gesperrt. Der aktuelle weltweite Trend in der Robotik ist aber die Forcierung der Mensch-Roboter-Kollaboration. Die strikte Trennung zwischen Mensch und Roboter soll aufgehoben werden, um z.B. in der Endmontage im Automobilbau Mensch und Roboter jeweils die Tätigkeit durchführen zu lassen, die jeder am besten beherrscht – und das in räumlicher Nähe, nebeneinander oder gar miteinander. Oberstes Gebot hierbei ist es jedoch, Verletzungen des Menschen durch einen Roboter auszuschließen. Die Schwellenwerte für den Schmerzeintritt oder gar eine Verletzungsgefahr im Falle einer Berührung von Roboter und Mensch führen aber oft dazu, dass die Robotergeräuschgeschwindigkeit stark reduziert werden müsste. Das verringert die Produktivität und Wirtschaftlichkeit einer Prozessautomatisierung. Wie also sind die Mensch-Roboter-Kollaboration und Wirtschaftlichkeit der Produktionsprozesse miteinander zu vereinen?

### Neue Technologien für die sichere Mensch-Roboter-Kollaboration

Am Magdeburger Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF tüfteln bereits seit einigen Jahren Forscher gemeinsam mit Industriepartnern an Lösungen, die eine Zusammenarbeit von Mensch und Roboter ökonomisch und sicher zugleich ermöglichen.

Taktile »Zustimmereinrichtung«  
für die Roboter-Handführung.

Projektion zusätzlicher Informations- und Interaktionsflächen auf einen taktilen Boden. Für einfache Befehle an einen Roboter tippt der Bediener mit dem Fuß auf die virtuellen Schaltflächen.



Feld, das bei Stillstand der Maschine einen engen Kreis um den Automaten zieht. Es signalisiert dem Werker: Bis dorthin darf er, dahinter befindet sich die Gefahrenzone. Um dem Menschen die Bewegung in der Nähe des Roboters noch weiter zu erleichtern, haben die Forscher dessen Umfeld in weitere Risikozone unterteilt, die sie mit dem Beamer farbig auf den Boden projizieren. Während Rot die unmittelbare Gefahrenzone anzeigt, stellt ein daran angrenzender gelber Bereich das Warnfeld dar. Die weitere Umgebung wird grün angezeigt. Hier ist der Aufenthalt sicher.

»Wir haben zwei neuartige Verfahren entwickelt, um exakt diese Lücke zu schließen«, erklärt Prof. Dr. Norbert Elkmann, Geschäftsfeldleiter Robotersysteme am Fraunhofer IFF. »Zum einen hat das Fraunhofer IFF ein kamera- und projektionsbasiertes System zur dynamischen Überwachung von Arbeitsräumen entwickelt. Da dieses System sogar die Hand des Menschen detektiert, sind nun minimale Abstände zwischen Mensch und Roboter umsetzbar. Des Weiteren haben wir einen ortsauflösenden Fußboden entwickelt, der den Arbeitsraum des Roboters bedeckt. Mit dieser Technik wird die Position eines Menschen innerhalb des Arbeitsraums jederzeit erkannt. Bei Annäherung an den Roboter wird dieser verlangsamt oder stoppt. Die weiträumig abgesperrten Arbeitsbereiche für einen Roboter werden damit obsolet.«

### Ortsauflösender Fußboden mit Visualisierung der dynamischen Warn- und Schutzfelder

Im Technikum des Instituts befindet sich eine rund 30 Quadratmeter große Testfläche, in der ein ganz normaler Industrieroboter durch leises Summen Bereitschaft anzeigt, auf Befehl seinen Greifarm in Gang zu setzen. Auf den Boden projiziert ein Beamer ein rotes

Ein Forscher gibt ein paar Befehle in sein Tablet ein und schon kommt Leben in die Halle. Der etwa drei Meter große Roboter bewegt sich entsprechend seines Programms und greift ein Werkstück. Dabei folgt ihm das rote Sicherheitsfeld am Boden stets in die Richtung, in die der Roboter schwenkt. Denn die Robotersteuerung kommuniziert mit dem Beamer, der dadurch immer weiß, ob sich der Stahlarm im nächsten Moment nach links oder rechts bewegt und wie weit er ausfahren wird. Doch das wäre als Sicherheitslösung allein noch nicht ausreichend. Deshalb haben die Forscher um den Roboter auch einen ortsauflösenden Fußboden installiert. Der wiederum detektiert die Bewegungen des Menschen in der Nähe des Roboters und überträgt diese Informationen an die Robotersteuerung. Nähert sich der Mensch dem Roboter und durchbricht trotz der Warnanzeige den Sicherheitsbereich, bleibt dieser sofort stehen. Zusammen bilden beide Technologien eine umfassende Sicherheitseinrichtung, die sowohl die Bewegungen des Roboters als auch die des Menschen jederzeit erfasst und die Aktionen der Maschine daran anpassen kann.

### Kamera- und projektionsbasiertes System zur dynamischen Überwachung von Arbeitsräumen

Das Prinzip des »kamera- und projektionsbasierten Systems zur dynamischen Überwachung von Arbeitsräumen« ermöglicht ein optimales und sicheres Nebeneinander von Mensch und Roboter, da dieses System bereits die Hand des Menschen zuverlässig erkennt und somit minimale Schutzräume um den Roboter umsetzbar sind. Es nutzt ebenfalls Sensoriken und intelligente Software zur Auswertung der aufgenommenen Informationen, um diese anschließend wieder als Assistenz- und Sicherheitsanweisungen in die reale Welt zurückzuspielen.

Die Forscher setzen auch hier wieder auf eine dynamische Lichtbarriere, die eine optische Grenze um den Roboter zieht und ihm in jeder seiner Bewegungen folgt. Hier ist es jedoch diese Barriere selbst, die im Falle ihrer Verletzung durch den Menschen ein Stoppsignal an den Roboter auslöst. »Die Position von Kameras und Projektoren, die um einen Roboter installiert wurden, sowie die 3D-Umgebungsdaten um den Arbeitsplatz sind bekannt und zueinander kalibriert. Auf dieser Grundlage berechnen wir ein Erwartungsbild für jede Kamera, das mit dem aktuellen realen Kamerabild verglichen wird«, erklärt Norbert Elkmann. Durchbricht man die von den Projektoren um den Roboter gezeichnete Lichtbarriere, etwa in dem man den Arm in Richtung Roboter streckt, bildet sich die projiz-



Wird der dynamisch projizierte Schutzbereich um einen Roboter verletzt, stoppt dieser sofort.

Einfache Befehlseingabe für einen mobilen Assistenzroboter.  
Fotos: Fraunhofer IFF

### Zuverlässige Lösungen

zierte Linie im Kamerabild nicht so ab wie im Erwartungsbild berechnet. Die Schutzraumverletzung wird sofort erkannt und der Roboter stoppt.

Wie das in der Praxis konkret aussehen könnte, zeigt Norbert Elkmann an dem Modell einer Montagestrecke eines Automobilwerks. Dort kennt man bislang am Band praktisch nur die Entweder-oder-Lösung, Roboter oder Mensch. Dabei könnten im Bereich der manuellen Montage durchaus auch verschiedene Aufgaben, zum Beispiel der Einbau der relativ schweren Türelemente, von Robotern unterstützt werden. Hier könnten Mensch und Maschine also vorteilhaft zusammenarbeiten und die Sicherheit wäre gewährleistet.

Um zu demonstrieren, wie schnell das System reagiert, streckt der Robotikexperte einfach kurz seinen Arm aus und durchbricht damit die rote Linie. Der Roboter, eben noch umtrieblich auf seiner Tour, stoppt blitzartig. »Das Berechnen der als gefährlich definierten Bildsituation erfordert nur einige Millisekunden, am längsten dauert der Bremsvorgang des Roboters«, erklärt Prof. Elkmann. Der hängt vor allem von seiner Auslegerweite und der Masse ab. Genauso hätte übrigens die Maschine reagiert, wenn ein Fuß in den roten Bereich gestellt worden wäre oder sich ein Mensch plötzlich so in den Bereich beugt, dass der Kopf hineinragt. Die Raumhöhe der Sicherheitszonenverletzung ist egal. Und sogar ein einzelner Finger reicht aus, um den Not-Stop des Roboters zu veranlassen.

Dass diese komplexe Systemsteuerung überhaupt möglich ist, hängt mit der rasanten Entwicklung von dreidimensionalen Datenmodellen in den letzten Jahren zusammen, die heute die Planung und Steuerung von Prozessen in der Industrie dominieren. »Wir haben dann in ein solches System noch die bildgebenden Verfahren der Kameras angepasst und damit eine zuverlässige Lösung gefunden, die auch unter den realen Bedingungen einer großen Fertigung störungsfrei funktioniert«, erläutert der Fraunhofer-Experte, der davon ausgeht, dass ein Einsatz nicht allein auf die Automobilindustrie beschränkt bleiben muss.

Das kamera- und projektionsbasierte System zur dynamischen Überwachung von Roboterarbeitsräumen ist weltweit das erste überhaupt, das dem Sicherheitskonzept »Geschwindigkeits- und Abstandsüberwachung« gemäß ISO-Norm 10218 bzw. der TS 15066 zur Kollaboration zwischen Mensch und Roboter gerecht wird. Dieser Ansatz für die Problemlösung bei der Mensch-Roboter-Kollaboration ist nur einer von mehreren,

die in Magdeburg untersucht werden. Weit fortgeschritten ist auch die taktile Sensorik zur Kollisionserkennung an Robotern. Mit sehr großem Interesse verfolgt die Roboter-Community und die Anwenderindustrie zudem die weltweit einmaligen Probandenversuche am Fraunhofer IFF zur Untersuchung des Schmerz- bzw. Verletzungseintritts bei einer Berührung von Mensch und Roboter. Diese Untersuchung führen die Magdeburger Forscher unter anderem im Auftrag der Berufsgenossenschaft Holz und Metall sowie von Daimler und KUKA durch. Die Resultate der Probandenversuche werden in die Normen einfließen. Neue Forschungsprojekte, die auf diesen Arbeiten aufbauen und eine frühzeitige Planung von Mensch-Roboter-Kollaborationsapplikationen unter Berücksichtigung der normativen Sicherheitsvorgaben ermöglichen, sind in Vorbereitung.



**Dr.-Ing. Przemyslaw Komarnicki**  
Fraunhofer IFF  
Konvergente Infrastrukturen

Tel. +49 391 4090-373  
przemyslaw.komarnicki@iff.fraunhofer.de



**Prof. Dr. techn. Norbert Elkmann**  
Fraunhofer IFF  
Robotersysteme

Tel. +49 391 4090-222  
norbert.elkmann@iff.fraunhofer.de

# Die Zukunft der Produktion in einer digitalen



Foto: Fraunhofer IFF, Ilwe Völkner

Der Mensch in der Produktion wird künftig stärker auf automatisierte und digitale Assistenzsysteme zurückgreifen können. Sie sollen ihn entlasten und für mehr Effizienz und Flexibilität sorgen. Digitale und reale Welt rücken damit noch enger zusammen. Möglich machen dies selbstlernende, autonome Systeme: Sie stellen der Arbeitsperson benötigte Informationen zur Verfügung, helfen bei der Prüfung des Bauteils und nehmen körperlich schwere Aufgaben ab.



Stellen wir uns einmal vor, wir schauen auf ein Montageband im Automobilbau. Die Taktzeiten stets im Blick montiert eine Arbeitsperson die Lenkräder, ein Kollege schraubt die Räder an die Karosserie, ein weiterer setzt die Scheiben ein. Die Variantenvielfalt ist hier bereits recht hoch: Die Kunden können Sitzart, Navigationssystem, Lackfarbe, Lenkrad und Co. nach ihren Wünschen auswählen.

Künftig, so steht zu erwarten, wird diese Variantenvielfalt auch in anderen Bereichen zunehmen. Denn Individualität steht hoch im Kurs – viele Menschen wollen ihre Einmaligkeit gerne mit individuellen Produkten unterstreichen. Ein Großteil ist sicherlich auch bereit, dafür ein klein wenig tiefer ins Portemonnaie zu greifen. Allerdings darf dies nicht zu weit gehen, das Dreifache will man für das persönliche Produkt schließlich nicht zahlen. Die Frage, die sich hier stellt: Wie lassen sich Produkte individuell und dennoch wirtschaftlich herstellen? Denn automatisierte Systeme wie Roboter und Inspektionssysteme eignen sich bisher nur dann, wenn wieder und wieder die gleichen Handgriffe getan werden müssen. Gilt es jedoch – wie dies bei Produkten mit niedriger Stückzahl der Fall ist – flexibel zu reagieren und im Extremfall eine Stückzahl eins zu produzieren, wird es schwierig mit der Automatisierung.

Am Fraunhofer IFF setzen wir daher auf die hybride Montage – also einen Mix aus automatisierten, technisch unterstützten und manuellen Arbeitsschritten. Anders gesagt: Mensch und Maschine arbeiten Hand in Hand. Denn beide haben ihre Vorteile: Der Mensch verfügt über kognitive und motorische Fähigkeiten sowie über Erfahrungswissen und reagiert flexibel. Somit kann er auch Arbeitsschritte erledigen, an denen Maschinen bislang scheitern. Das technische System ist dagegen konstant in seiner Leistungsfähigkeit: Es wird auch nach einem noch so langen Arbeitstag niemals müde, gelangweilt oder gestresst.



Optisches Vermessen einer Baugruppe, um die Korrektheit der Montage zu prüfen. Die realen Teile werden von der Software mit den digitalen Planungsdaten verglichen. Abweichungen werden sofort erkannt.  
Foto: Fraunhofer IFF, Uwe Völkner

Unsere Vision: Während beispielsweise ein Roboter die körperlich schweren Aufgaben sowie die Routinedinge übernimmt, führt der Mensch diejenigen Arbeitsschritte durch, die starken Veränderungen unterworfen sind. Dazu muss er natürlich wissen, welches Bauteil wohin gehört – und sollte dies nicht erst aufwändig in technischen Zeichnungen nachschauen müssen. Assistenzsysteme können den Menschen hier unterstützen. Und zwar auf dreierlei Weise: informationstechnisch, prüftechnisch und physisch. Erreichen die technischen Systeme kognitive Fähigkeiten, sind hybride Montagesysteme realisierbar – also solche, bei denen Mensch und Maschine auf Augenhöhe zusammenarbeiten.



Forschungsingenieure am Fraunhofer IFF bei der Inbetriebnahme eines robotergeführten 3D-Sensors für die optische Montageprüfung. Foto: Fraunhofer IFF, Uwe Völkner

Mobile Assistenzsysteme erleichtern das Steuern komplexer Technik und beschleunigen einzelne Vorgänge enorm. Foto: Fraunhofer IFF, Uwe Völkner

### Informationstechnische, prüftechnische und physische Assistenz

Welches Bauteil gehört wohin? Diese Frage ist bei individualisierten Produkten keinesfalls leicht zu beantworten – schließlich gibt es für jedes einzelne Produkt eine andere Antwort darauf. Auch die Fragen nach den nötigen Werkzeugen und Hilfsmitteln wird komplexer. Wir entwickeln daher Assistenzsysteme, die die Menschen durch den Montageprozess führen. Als Basis dient die erweiterte Realität, sprich digitale Einblendungen in das reale Sichtfeld – beispielsweise über eine spezielle Brille, ein Tablet oder einen Ausgabebildschirm.

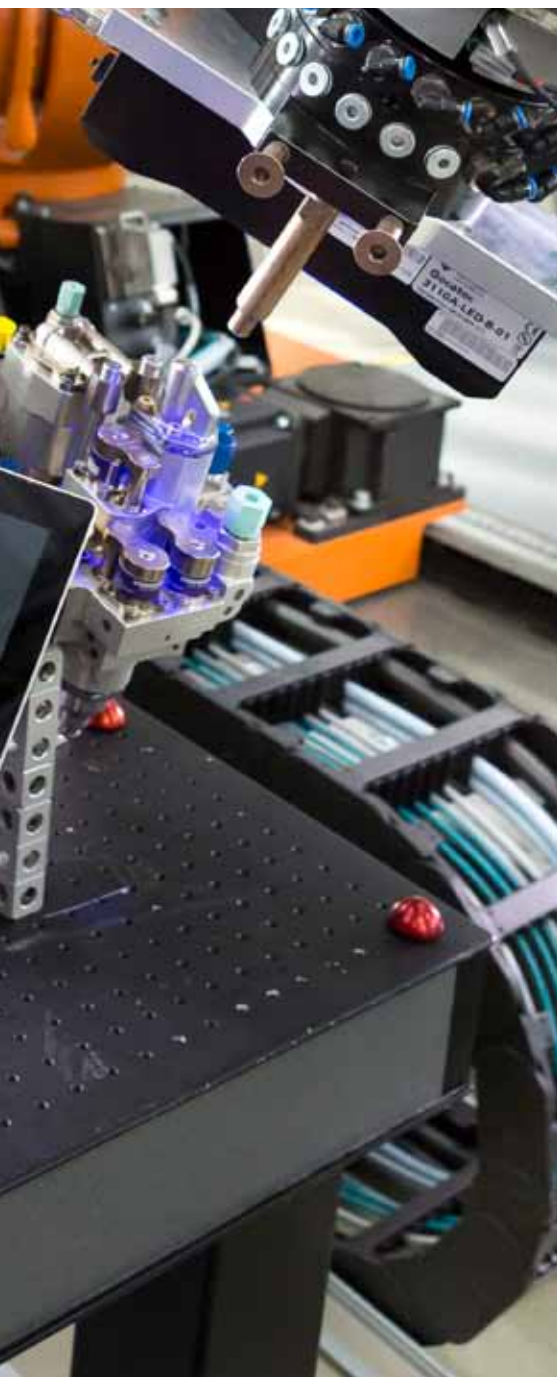
Nehmen wir das Beispiel der Brille: Blickt die Arbeitsperson hindurch, sieht sie zum einen ihren Arbeitsplatz und die einzelnen Bauteile. Zusätzlich erblickt sie Informationen, die in ihrem Sichtfeld eingeblendet werden – und zwar an exakt der richtigen Stelle. Diese können sich sowohl auf Bauteile beziehen, die sie verwenden soll, oder auch die Position anzeigen, an die das besagte Bauteil zu montieren ist.

Sitzt das Bauteil an der richtigen Stelle? Ist es so ausgerichtet, wie es sein sollte? Bislang galt es, dies manuell zu überprüfen. Künftig prüfen Sensoren das Produkt unauffällig im Hintergrund und geben dem Menschen nur im Falle eines Fehlers einen Hinweis. Prüft man bei der Produktherstellung permanent, wie die Fertigung fortschreitet, kann man anhand dieser Daten einen produktindividuellen digitalen Zwilling erzeugen – also ein stets aktuelles digitales Abbild des Produkts.

Nicht alle Bauteile sind besonders handlich. Hebt man beispielsweise Tag für Tag Armaturen Bretter, so kann dies auf Dauer Rückenschmerzen nach sich ziehen. Um die menschlichen Mitarbeiter körperlich zu entlasten, setzen wir am Fraunhofer IFF in solchen Bereichen auf Roboter. Dabei sind verschiedene Unterstützungsszenarien denkbar: So könnte der Roboter den gesamten Arbeitsschritt übernehmen, oder der Mensch bewegt das Bauteil, während der Roboter es hebt. In jedem Falle jedoch gilt: Der Mensch interagiert mit dem Roboter und gibt den Ton an. Merkt das System, dass ein Mitarbeiter den Rücken überlastet, könnte es ihm etwa vorschlagen, beim Heben in die Hocke zu gehen oder ihm helfen das Bauteil anzuheben.

### Die Basis: Ein durchgehend digitales Modell

Die Grundlage für ein solches Assistenzsystem bilden digitale Modelle, genauer gesagt CAD-Daten und mathematisch-physikalische Modelle von Produkt und Produktionsmitteln. Anhand dieser leiten wir flexibel die benötigte Assistenzfunktionalität ab und planen die Produktion. Wir sprechen hier also von einem durchgehend digitalen Produktmodell, von der Entwicklung über die Kundenbestellung zum Produkt und sogar darüber hinaus.



Ein »digitaler Assistent« unterstützt einen Werker bei der Montage von Bauteilen in eine komplexe Baugruppe, wie hier bei einem Schaltschrank. Über einen Bildschirm zeigt ihm das System genau an, wie das Bauteil zu montieren ist oder ob ein Montagefehler vorliegt. Foto: Kolbus GmbH & Co. KG

### Autonomes, selbstregulierendes System

Das System lernt im Laufe der Zeit permanent dazu. Dazu nimmt es zunächst alle möglichen Informationen auf und vergleicht sie mit vorherigen Zustandsinformationen und Ereignissen. Ist es zielführender, den Arbeitspersonen die Informationen als Variante 1 oder als Variante 2 aufzubereiten? Wie viele Fehler treten typischerweise bei einer gewählten Arbeitsweise auf? Das System lernt dabei auf zweierlei Weise. Zum einen reagiert es auf Umweltveränderungen, etwa dann, wenn erstmalig ein neuartiges Bauteil verbaut werden soll. Zum anderen richtet es sich nach den Bedürfnissen des Menschen. So benötigt jeder Mitarbeiter unterschiedlich viel Assistenz. Ist der Mensch gestresst, müde oder neu im Unternehmen, so erhält er mehr Assistenz als ein »alter Hase«. Ergo: Der Mensch führt die Montage, das System merkt, wenn er unsicher wird und bietet ihm in diesem Fall Assistenz an.



Dr.-Ing. Dirk Berndt  
Fraunhofer IFF  
Mess- und Prüftechnik

Tel. +49 391 4090-224  
dirk.berndt@iff.fraunhofer.de

Künftig wollen wir dieses Modell noch erweitern: um nahezu allumfassende mathematisch-physikalische Modelle. Was sich dahinter verbirgt, lässt sich gut anhand einer Betonbrücke erläutern. Zwar geben die CAD-Daten die Form der Brücke exakt wieder. Aufgrund ihrer Masse werden sich die Stahlbetonteile jedoch durchbiegen – und fahren Autos über die Brücke, verbiegt sie sich abermals ein Stück. Wir arbeiten daher daran, das digitale Modell über physikalische Simulationen Stück für Stück weiter an die Realität anzupassen und die Gebrauchseigenschaften unter bestimmten Umgebungsbedingungen abzubilden.

Ein weiterer Punkt, der sich künftig verändern dürfte, ist die Flexibilität der Arbeitsperson. Während heute starr vorgegeben ist, in welcher Reihenfolge ein Produkt montiert werden muss, kann der Mensch künftig rechts, links oder in der Mitte des Bauteils mit der Montage beginnen. Möglich machen es Inertialsensoren, also eine Kombination aus Beschleunigungs- und Drehratensensoren. Diese könnten zum Beispiel in einem Armband am Handgelenk des Menschen befestigt sein. Hier erfassen sie, welche Bewegung er ausführt. Greift er in eine Kiste? Dreht er den Arm? Aus diesen Bewegungsdaten wollen wir automatisch darauf schließen, mit welchem Arbeitsschritt sich die Arbeitsperson beschäftigt – und bedarfsgerechte Informationen zur Verfügung stellen.



# Die **Fabrik** wird digital von der Planung bis zur Steuerung

Manfred Schulze, Dipl.-Math. Stefanie Kabelitz

Foto: Fraunhofer IFF, Dirk Mahler



Der ganz reale Blick in die Fabrik von morgen kann durchaus digital sein: Im Foyer des Fraunhofer-Instituts für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF schwebt ein 3D-Modell einer Fertigungsanlage aus der chemischen Industrie über einen großen Bildschirm. Das hochkomplexe Anlagendesign des Demonstrationsvideos wird in verschiedene Perspektiven verschoben, zusätzliche, farbliche Informationen werden hinzugefügt und verschmelzen mit den Leitungssträngen, Gebäudekonturen und symbolisierten Steuerelementen.

Was zunächst nur aussieht wie eine ganz gewöhnliche, am Computer entworfene Anlage, ist in Wirklichkeit eine gar nicht so kleine weitere Revolution auf dem langen Weg zu einer digitalen Fabrik. Denn das Modell könnte dem Begriff der Industrie 4.0 eine weit umfassendere Bedeutung verleihen, als das bisher der Fall ist. Davon ist jedenfalls Holger Seidel überzeugt. Bei dem Leiter des Geschäftsfelds Logistik- und Fabrikssysteme des Instituts laufen die Fäden für ein großes, interdisziplinär angelegtes Forschungsprojekt zusammen, an dem Mathematiker, Bauingenieure, Anlagentechniker, Architekten, Spezialisten für die Prozessautomatisierung und viele weitere Experten von Hochschulen und aus der Industrie mitarbeiten.

»Wir wollen damit aus der bisherigen Idee von einer digitalen Fabrik, die eigentlich immer nur von den dortigen Produktionsprozessen der Fertigung ausgeht, endlich ein ganzheitliches Konzept machen«, beschreibt der Logistikfachmann das Vorhaben. Nach diesem Ansatz sollen neben der Prozessplanung für die spätere Produktion auch das Design der Gebäude, die Raumaufteilung und -ausstattung und natürlich auch die hochkomplexen Bauabläufe mittels eines automatisierbaren Planungssystems mitentwickelt werden. Dabei sollen – und das ist der eigentlich progressive Ansatz der Magdeburger Forscher – die datenbankgestützte Bauplanung und die Prozessplanung der künftigen Fertigung bereits in einer frühen Phase des Gesamtprojekts zusammengeführt werden.

Betrachtet man die heute gängige Praxis, ist es Standard, Bauplanungen zwar mit computerisierten Planungstools, letztlich aber aus einem Mix aus digitalen Daten und menschlichem Agieren zu realisieren. Doch bereits bei relativ kleinen Projekten, wie beispielsweise dem Bau eines Einfamilienhauses, sind die Abstimmung von Materiallieferungen, der Arbeitskräftebedarf der einzelnen Gewerke, die Qualitätsüberwachung und viele andere Details für einen Menschen nur schwer fehlerfrei zu bewältigen. Das gilt erst recht für große Vorhaben wie die Errichtung einer neuen Fabrik. Die Komplexität solcher Großbaustellen setzt dem menschlichen Können letztlich Grenzen. Dort ist der Mensch deshalb die häufigste Ursache für Störungen. »Zwar ist Kreativität auf jeder Baustelle immer irgendwie auch wichtig, aber wenn eine Leitung anders verlegt wird als im Plan

vorgesehen, oder ein Wanddurchbruch anders dimensioniert wird, dann kann das teure Nacharbeiten nach sich ziehen. Im schlimmsten Fall muss sogar eine spätere Nutzungseinschränkung in Kauf genommen werden«, berichtet Eyk Flechtner, Spezialist für Fabrikplanungen am Fraunhofer IFF. Vor allem bei großen Investitionen wird darum immer mehr auf das sogenannte »Building Information Modeling« (BIM) zurückgegriffen. Darauf aufbauende neue Planungswerkzeuge können Stillstandzeiten, Kommunikationsprobleme und Fehler maßgeblich reduzieren.

Das BIM nutzt miteinander vernetzte, datenbankgestützte Tools bis hin zu einer ganzheitlichen Entwurfs- und Ausführungsplanung für das Bauwerk. Das schließt auch sämtliche Bauabläufe, Bestellungen und Liefertermine

se in der Cloud gespeichert. Noch bezieht sich das aber vornehmlich auf die reine Bauplanung.

Für Holger Seidel ist das jedoch nur ein Teilschritt. Er blickt auf das große Vorhaben: das Verbinden von digitaler Prozess- und Bauplanung. So spricht er von den »leider noch immer zwei deutlich getrennten Welten«, die er künftig integrieren möchte. »Die Anlagenplanung ist heute für viele Großprojekte voll digitalisiert. Dort wird mit 3D-Modellen gearbeitet, die im Endeffekt einen digitalen Zwilling der realen Produktionsanlage hervorbringen«, so der Wissenschaftler.

Doch eine tatsächliche Schnittstelle der Produktionsprozesse zur digitalen Fabrikplanung, wie sie mit BIM möglich ist, fehlt bislang.



Das virtuell-interaktive Begehen von geplanten Bauprojekten vermittelt einen sehr realistischen Eindruck der künftigen Gebäude. Grundlage sind die 3D-Daten des Baus. Varianten und Änderungen können so vorab blitzschnell geprüft und bewertet werden. Foto: Fraunhofer IFF

mit ein. »Der Vorteil eines solchen Systems ist, dass alle Verantwortlichen auf der Baustelle immer exakt mitverfolgen können, welche Schritte gerade unternommen werden und welche Änderungen mit welchen Folgen verbunden sind«, erklärt Flechtner.

»Auch die Datenmengen für BIM sind heute kein Problem mehr«, ergänzt Stefanie Kabelitz. Die studierte Mathematikerin arbeitet am Fraunhofer IFF seit mehreren Jahren an Software für die Multiprojektplanung. »Mit herkömmlichen Kleinrechnern und Dashboards lassen sich heute unkompliziert die erforderlichen Daten und Detailansichten auf der Baustelle abrufen«, erläutert sie. Die komplexen Datenmodelle hingegen werden beispielswei-

Wer aber eine wirklich smarte Fabrik errichten will, muss beides miteinander soweit wie möglich in Einklang bringen. Die Vision: eine ständige, datenbasierte Interaktion während der gesamten Planungs- und Realisierungsphase zwischen den Verantwortlichen der Prozess- und der Fabrikplanung.

Eines der schwierigen Probleme dabei ist nach Ansicht des Experten die Pflege der digitalen Modelle auch nach der Inbetriebnahme. Das ist schon heute bei den Prozessdaten nicht einfach, wird aber zusätzlich mit einem hohen Anspruch belegt, wenn auch noch die Daten aus dem Modell für das Gebäude hinzukommen. Zumal die Zyklen für die Gebäudenutzung

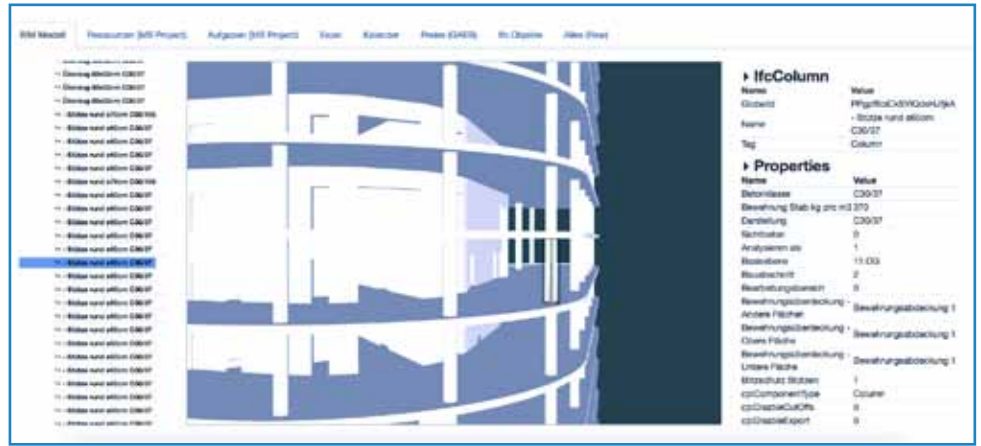
und die der Produktionsprozesse nicht identisch sind. Denn in der Regel steht die Fabrik deutlich länger als die Fertigungslinie. Doch um bei Änderungen schnell auf die vorhandenen Daten zurückgreifen und dabei die Vorteile der integrativen smarten Fabrik nutzen zu können, dürfen sich die digitalen Zwillinge möglichst nicht von ihrem realen Pendant entfernen. Sonst gehen die Vorteile der digitalen Planungsmodelle etwa für Instandhaltungen, Prognosen oder auch nur für einen schnellen Zugriff bei Umbaumaßnahmen verloren. Zur Lösung dieses Problems haben die Forscher aber schon eine Idee.

»Wir denken dabei an die Nutzung der Datenbasis für ein Assistenzsystem, möglicherweise sogar an ein automatisches Update. Aber das ist eine Vision für die nähere Zukunft«, sagt Holger Seidel.

Zunächst müssen – und das ist wieder eine sehr aktuelle Aufgabenstellung – noch einige andere Dinge gelöst werden. Das sind zum Teil rechtliche Regelungen, wie die in Deutschland gültige Honorarordnung für die Bauplanung (HOAI), die bestimmte Schrittfolgen der Leistungen und Abrechnungen aus der analogen Zeit bis heute verbindlich regelt. Oder der Umstand, dass die Prozessplanung und -steuerung auf Echtzeit-Datenerfassung ausgerichtet ist, während die Planungstools für Gebäude ganz andere Prioritäten haben – etwa möglichst viele Freiheitsgrade für Veränderungen. Beide Seiten müssen zusammengeführt werden, wenn die smarte Fabrik, die intelligent, in Echtzeit und flexibel agiert, tatsächlich Realität werden soll.

Die Herausforderungen sind also teils enorm. Dennoch nehmen viele Forscher und Ingenieure diese Arbeit auf sich, weil große potenzielle Mehrwerte warten. Denn sind die Probleme erst einmal gelöst, eröffnen sich Planern und Betreibern grundlegend neue Möglichkeiten. Eine davon ist der durchgehende Einsatz von Augmented-Reality(AR)- und Virtual-Reality(VR)-Technologien zur integrierten Echtzeitplanung von Bau- und Produktionsprozessen. Beispielsweise eröffnet der Einsatz von Head-Mounted-Displays in Verbindung mit BIM-Modellen neue, bisher nicht verfügbare Möglichkeiten zur VR-gestützten interaktiven Bauwerksbegehung und Variantenplanung.

An der intelligenten Überführung von BIM-Modellen aus den Konstruktionssystemen der Planer in VR arbeitet Andreas Höpfner. Sein Ziel ist es, den Benutzer über direkte Interaktionstechnologien in die Lage zu versetzen,



Bauplanung mit einem BIM-Modell. Bild: Fraunhofer IFF

Bauwerkselemente bzw. deren Eigenschaften in VR-Umgebungen interaktiv zu beeinflussen. Nimmt ein Nutzer etwa eine Veränderung in der virtuellen 3D-Planungswelt einer Fabrik vor, soll die Software im Hintergrund und in Echtzeit die Folgewirkungen auf die daran anhängenden Prozesse simulieren. Sie überprüft, welche Folgen diese Veränderung für jene Prozesse oder auch für die Gebäudeplanung haben würde und macht sie für den Nutzer sichtbar. Hierbei werden über die Vernetzung zwischen Geometrien und korrespondierenden Objektkennwerten auch die entscheidungsrelevanten Fachsichten (Baukostenentwicklung, Ausführungsqualitäten) berücksichtigt. Allerdings, schränkt Andreas Höpfner etwas ein, sind die zeiteffiziente Realisierbarkeit dieser Vorgehensweise und somit auch die praktische Anwendbarkeit des Technologieansatzes in starkem Maße von der Beschaffenheit der CAD-Daten und der »Modellhygiene« des BIM-Datensatzes abhängig. Liegen diese durchgehend in hoher Qualität vor, steht dem Eintauchen in die virtuell-interaktive Fabrikplanung nichts mehr im Wege.

Wer sich heute noch nicht so recht vorstellen kann, wie sich das alles praktisch realisieren lässt, oder befürchtet, dass ein Übermaß an Digitalisierung die Mitarbeiter überfordern könnte, den verweist Holger Seidel gern auf die Entwicklung in der Automobi-

bilindustrie der letzten zehn Jahre. Dort wurden zunächst auch immer mehr elektronische Einzelkomponenten eingebaut, die als Assistenz nur dann ihren Dienst leisten, wenn sie zu einer komfortablen, nutzerorientierten Oberfläche zusammengeführt werden. Mit den Details der elektronischen Motorsteuerung, dem Schlupf der Räder oder gar der exakten Funktionsweise des Navigationssystems kommen Fahrer gar nicht in Berührung. Die Systeme existieren dennoch und sorgen dafür, dass wir schneller und sicherer von A nach B kommen. Der gegenwärtige Trend hin zu einer durchgängigen BIM-konformen Planung hat im Bauwesen in der jüngeren Vergangenheit deutlich an Dynamik gewonnen und schafft damit die Voraussetzung auch für die Anwendbarkeit immersiver Virtual-Reality-Technologien. »Die Integration ganz unterschiedlicher Systeme auch im Bereich der intelligenten Fabrik zu realisieren, wird nötig und mittelfristig möglich sein«, versichert Holger Seidel.



**Dipl.-Ing. (FH) Andreas Höpfner M.Sc.**  
Fraunhofer IFF  
Konvergente Infrastrukturen

Tel. +49 391 4090-116  
andreas.hoepfner@iff.fraunhofer.de



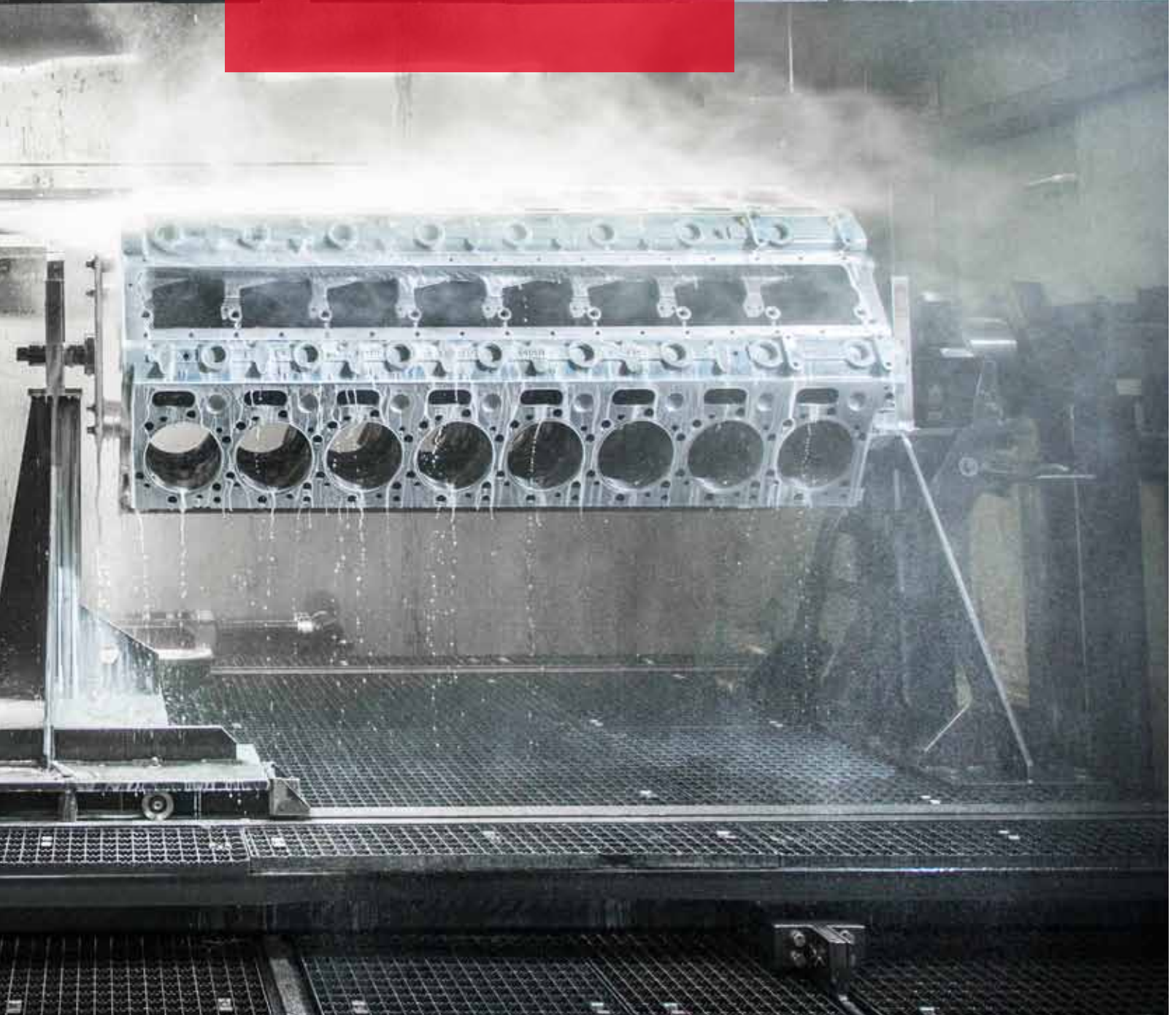
**Dipl.-Ing. Holger Seidel**  
Fraunhofer IFF  
Logistik- und Fabrikssysteme

Tel. +49 391 4090-123  
holger.seidel@iff.fraunhofer.de



Foto: Fraunhofer IFF, Dirk Mahler

Die Einsparung von Ressourcen bekommt in der Industrie einen immer größeren Stellenwert. Dabei ist nicht nur der Bedarf an Wärme und Strom entscheidend. Reinigungs- und Lackierprozesse beispielsweise benötigen noch immer große Mengen Wasser. Das Fraunhofer IFF unterstützt und berät Unternehmen bei der Entwicklung energie- und ressourceneffizienter Verfahren und Produktionsprozesse.



**Grenzwerte für die sichere Mensch-Roboter-Kollaboration:**  
Da Mensch und Roboter in Zukunft immer häufiger zusammenarbeiten und sich einen gemeinsamen Arbeitsraum teilen werden, stellt sich vor allem die Frage nach Sicherheit.

Wie stark darf ein Roboter einen Menschen berühren, ohne dass Menschen ernsthaft verletzt werden? Das Fraunhofer IFF hat eine Versuchseinrichtung entwickelt, die mit Zustimmung der zuständigen Ethikkommission erstmalig Kollisionsversuche mit Probanden erlaubt, um Belastungsgrenzen zu bestimmen.



Foto: Fraunhofer IFF, Ilve Völkner



## Double-Degree-Programm mit der Thammasat University in Thailand unterzeichnet



Doppelter Masterabschluss für Studierende. Prof. Dr. Chalio Charoenlarnnopparat, Vize-Rektor der Thammasat University (li), und Prof. Dr.-Ing. Jens Strackeljan, Rektor der Universität Magdeburg, bei der Unterzeichnung des Kooperationsvertrages. Foto: DVGU

Ein Kooperationsvertrag mit dem Sirindhorn International Institute of Technology (SIIT) der Thammasat University in Pathum Thani, Thailand, baut die Bindungen der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg nach Südostasien weiter aus und stärkt den Wissenschafts- und Hochschulstandort Magdeburg. Der Vertrag besiegelt das Double-Degree-Master-Programm für das Studienangebot »Digital Engineering«, betreut durch das

Center for Digital Engineering, Management and Operations (cedemo) an der Fakultät für Informatik in Zusammenarbeit mit der Fakultät für Maschinenbau sowie der Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik.

Beide Universitäten streben eine enge Zusammenarbeit in Lehre und Forschung an. Studierende aus Thailand und Magdeburg erhalten damit die Möglichkeit, einen Studienabschnitt an der jeweiligen Partnerhochschule zu absolvieren. Dabei verbringen sie mindestens ein Semester im regulären Lehrbetrieb der Partnerhochschule und legen dort auch die entsprechenden Prüfungen ab. Am Ende steht ein sogenannter Doppelabschluss, die Studierenden erhalten einen Masterabschluss von beiden Universitäten.

Der Rektor der Universität Magdeburg, Prof. Dr.-Ing. Jens Strackeljan, zeigte sich hoch erfreut über die Kooperation: »Als renommierte Lehr- und Forschungsstätte ist das Sirindhorn International Institute of Technology ein idealer Partner für uns. Mit dem Vertrag gehen wir einen wichtigen Schritt in der internationalen Zusammenarbeit der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg.« ■



## Karriere mit Fraunhofer



Unter anderem mit dem stellvertretenden Institutsleiter des Fraunhofer IFF und Prof. Gerhard Müller (li), ihrem damaligen Chef und Promotionsgutachter, Dr. Matthias Gohla (2.v.l.), war bei der Verteidigung der Doktorarbeit von Frau Ling He (Mitte) in Hamburg auch das Fraunhofer IFF gut vertreten. Foto: privat

Dr.-Ing. Ling He war von 2007 bis 2014 wissenschaftliche Mitarbeiterin am Fraunhofer IFF. Die Spezialistin für nachhaltige Energieerzeugung im Wirbelschichtverfahren arbeitete im Geschäftsfeld Prozess- und Anlagentechnik. Zeitgleich promovierte sie an der TU Hamburg bei Professor Stefan Heinrich zum Thema »Brenngaserzeugung aus Biomassevergasung in Wirbelschichten«. Im Dezember 2016 konnte Ling He die Promotion erfolgreich mit »magna cum laude« abschließen. ■

## Kicker des Fraunhofer IFF auf Siegertreppchen

Die Fraunhofer-Gesellschaft hat nicht nur viele herausragende Wissenschaftler in ihren Reihen, sondern auch jede Menge passionierte Fußballer. Diese kämpfen beim jährlichen



internen Fußballturnier der Fraunhofer-Institute um die Trophäe der jeweils besten Mannschaft. Auch 2016 kamen 28 Teams mit insgesamt über 300 Spielern in Halle/Saale zusammen. Dabei behauptete sich das Team des Fraunhofer IFF erfolgreich und belegte den dritten Platz. Nur der Titelverteidiger, das Fraunhofer IMWS aus Halle, und der Zweitplatzierte, das Fraunhofer IWU Chemnitz, konnten sich gegen die Magdeburger durchsetzen. Auch die hohen Temperaturen, die weit über 30 Grad Celsius lagen, konnten dem Spielspaß an diesem Tag nichts anhaben, weshalb sich auch alle Teams auf das nächste Turnier im Sommer 2017 bei den Titelverteidigern in Halle/Saale freuen. ■

## 18. IFF-Forschungskolloquium

Die Entwicklung ressourcen- und umweltschonender Verfahren und Technologien für die Industrie spielt bei der Ausbildung junger Ingenieure heute eine große Rolle. Der Umgang mit verfügbaren Ressourcen ist jedoch nicht nur eine Frage des Umweltschutzes. Ebenso wichtig ist es für Unternehmen, gerade in wirtschaftlich turbulenten Zeiten, Alleinstellungsmerkmale zu schaffen und durch die

Tom Assmann, wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Logistik und Materialflusstechnik ILM der Universität Magdeburg, präsentiert auf dem 18. Forschungskolloquium seine Arbeit zum Thema »Definition des urbanen logistischen Systems einer Stadt«.

Foto: Fraunhofer IFF, Daniela Martin

Nutzung moderner Technologien die eigene Wettbewerbsfähigkeit zu verbessern. Auch das Fraunhofer IFF und die Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg legen deshalb großen Wert auf entsprechende Schwerpunktsetzungen des Ingenieursnachwuchses.

Im Rahmen des jährlich stattfindenden nunmehr 18. Forschungskolloquiums am Fraunhofer IFF präsentierten darum elf junge Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des Fraunhofer IFF und des Instituts für Logistik und Materialflusstechnik ILM der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg sowie gemeinsamer Kompetenzzentren ihre Arbeiten zum diesjährigen Thema »Ressourceneffiziente Produktion und Logistik«. In ihren Vorträgen wurde vor allem die Bedeutung der Digitalisierung für die Zukunft der Industrie deutlich. Alle Referenten bauten auf digitale

Methoden und Technologien zur Verbesserung von industriellen Herstellungs-, Instandhaltungs- und Logistikprozessen. Die Themen reichten von einer neuen »Entwicklungsmethodik auf Basis von Virtual-Engineering-Programmen« bis zum »Visual Docking für eine sichere optische Inspektion von Windenergieanlagen mit Multicoptern«.

Das Kolloquium wird von den Nachwuchswissenschaftlern gern genutzt. Es bietet ihnen die Chance, ihre Forschungs-, Promotions- oder Projektarbeiten einem Publikum aus Wissenschaftlern, Ingenieuren und Studierenden verschiedener Fachrichtungen vorzustellen und die eigenen Thesen unverbindlich zu testen. Der konstruktive Dialog mit dem wissenschaftlichen Auditorium soll sie auf diesem Weg bei der Weiterentwicklung ihrer Arbeiten wirkungsvoll unterstützen. ■

## Exzellente Promotion

Die Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg hat anlässlich des 414. Geburtstags ihres Namenspatrons auf dem Akademischen Festakt, der wichtigsten Veranstaltung der Alma Mater im akademischen Jahr, in der Magdeburger Johanniskirche exzellente Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler ausgezeichnet. Im Beisein des Ministers für Wirtschaft, Wissenschaft und Digitalisierung des Landes Sachsen-Anhalt, Prof. Dr. Armin Willingmann, und weiteren Repräsentanten aus Politik, Wirtschaft, Wissenschaft und Kultur des Landes Sachsen-Anhalt wurden hierbei traditionell auch die besten Nachwuchswissenschaftler der Fakultäten mit den Promotionspreisen ausgezeichnet. Zu ihnen gehörte auch Dr.-Ing. Fabian Behrendt, Mitarbeiter des Fraunhofer IFF und Geschäftsstellenleiter des Verbunds Produktion der Fraunhofer-Gesellschaft.

Dr.-Ing. Behrendt schloss im September 2011 sein Studium zum Diplom-Wirtschaftsingenieur für Logistik an der Otto-von-Guericke-Universität in Magdeburg ab. Im Anschluss war er

unter anderem als Referent des Vorsitzenden der Bund-Länder-Kommission »Zukunft der Verkehrsinfrastrukturfinanzierung« (Daehre-Kommission) sowie als wissenschaftlicher Mitarbeiter und Doktorand am Institut für Logistik und Materialflusstechnik der Otto-von-Guericke-Universität tätig. Im Zeitraum von August 2012 bis September 2013 arbeitete Fabian Behrendt zugleich als wissenschaftlicher Mitarbeiter im Fraunhofer IFF.

Im Oktober 2013 begann er seine Funktion als Geschäftsstellenleiter des Fraunhofer-Verbunds Produktion. 2016 schloss er seine Promotion mit dem Thema »Entwicklung eines Vorgehensmodells zur Untersuchung multidimensionaler Einflüsse auf Güterverkehrssysteme« mit »summa cum laude« ab. ■

Dr.-Ing. Fabian Behrendt (Mitte) beim traditionellen Foto der Promovenden an der Universität Magdeburg unter dem Denkmal ihres Namensgebers Otto von Guericke.

Foto: privat



## Nachwuchsforscher zu Gast im Fraunhofer IFF



Frau Dr.-Ing. Tina Haase (hinten) beim digitalen »Pong« mit einer jungen Teilnehmerin des »Zukunftstags«. Was so spielerisch aussieht, hat einen wissenschaftlichen Hintergrund, denn die Eingabegeräte für das Spiel tragen die beiden an den Händen: Es sind am Fraunhofer IFF entwickelte sensorbestückte Handschuhe, mit denen z.B. die Arbeitsplätze von Fabrikmonteuren leicht vermessen und anschließend ergonomisch ausgelegt werden können.

Am 27. April 2017 waren 17 Schülerinnen und Schüler im Fraunhofer IFF zu Gast. Grund dafür war der bundesweite Zukunftstag, den das Institut wieder zum Anlass nahm, ein kleines Programm für wissenschaftlich-technisch interessierte Mädchen und Jungen ab der fünften Klasse auf die Beine zu stellen. Das Angebot für den potenziellen Forschernachwuchs war vielfältig. Neben zwei Workshops, in denen die jungen, vor allem weiblichen Teilnehmer sensorbasierte Assistenzsysteme für Produktionsarbeiter kennenlernten, wurden kleine geometrische und physikalische Experimente durchgeführt.

Zudem gab es in einem »Science-Talk« die Möglichkeit, Fraunhofer-Forschern Fragen zu Berufsfeldern und Karrieremöglichkeiten zu stellen.

Die Fraunhofer-Gesellschaft möchte gezielt den Nachwuchs für die ingenieur- und naturwissenschaftlichen Fächer fördern. Insbesondere Frauen sollen stärker für technische Berufsfelder gewonnen werden, weshalb mit dem Zukunftstag vor allem Mädchen angesprochen werden. Das Angebot des Instituts wird überaus gut angenommen, deshalb findet der Zukunftstag auch im kommenden Jahr ganz sicher wieder statt. ■

## Fraunhofer fördert Wissenschaftlerinnen

Die Fraunhofer-Gesellschaft hat es sich zum Ziel gesetzt, mehr Frauen für die angewandte Forschung zu gewinnen und den Anteil an weiblichen Führungskräften in den eigenen Reihen zu erhöhen. Aus diesem Grund wurde das TALENTA-Programm ins Leben gerufen, welches unter anderem durch ergänzende finanzielle Unterstützung der Institute sowie eine Reihe gezielter Förderungen junge Berufsanfängerinnen und berufserfahrene Wissenschaftlerinnen bei ihrer individuellen Entwicklung ergebnisorientiert begleiten soll. Am Fraunhofer IFF sind zwei junge Wissenschaftlerinnen, Alinde Keller und Marlene Eisenträger, seit 2016 Teil von TALENTA start, einem Förderstrang, der die Teilnehmerinnen speziell bei der Orientierung am Karriereanfang unterstützt. Während Alinde Keller im Geschäftsbereich Mess- und Prüftechnik zu Lern- und Erfahrungstransfers am lernförderlichen Arbeitsplatz forscht, betreut Marlene Eisenträger, neben ihrer Promotion über die Implementierung von Virtual Engineering in Unternehmen, Studierende bei deren Masterarbeiten. Beide schätzen an TALENTA vor allem die Zeit, die ihnen das Programm für die eigene fachliche Weiterentwicklung gewährt. Zur Förderung gehören aber auch eine



Marlene Eisenträger (li.) und Alinde Keller (re.) nehmen am Talenta-Programm der Fraunhofer-Gesellschaft teil. Foto: Fraunhofer IFF, Daniela Martin

intensive Begleitung durch eigene Betreuer sowie das Setzen und Erfüllen von Meilensteinen. »Man kann durch das Programm außerdem viele wertvolle neue Kontakte

gewinnen, die für die weitere wissenschaftliche Karriere sehr wichtig sind«, erklärt Alinde Keller. Die Dauer der Förderung beträgt jeweils zwei Jahre. ■

## Prof. Dr. Peer Witten neues Mitglied der Logistics Hall of Fame

Bei einem Festakt im Bundesverkehrsministerium in Berlin sind am 29. November 2016 die neuen Mitglieder der Logistics Hall of Fame vorgestellt worden. Gastgeberin war Staatssekretärin Dorothee Bär. Mit dem BVL-Ehrenvorsitzenden und Ex-Otto-Vorstand Prof. Dr. Peer Witten ist ein Vorreiter und Vordenker des E-Commerce und der daraus entstehenden Paket- und Expressdienstleistungen in die Ruhmeshalle der Logistik aufgenommen worden. Dass der E-Commerce-Boom die Transport- und Logistikbranche befeuern wird, habe Witten bereits vor Jahrzehnten vorausgesehen und die entsprechenden Grundlagen gelegt, würdigte die Jury. Professor Witten entwickelte seit Mitte der 80er Jahre als Logistikvorstand bei der Otto Group nicht nur Hermes zu einer erfolgreichen Paketverteilungsorganisation, sondern initiierte eine ganze Reihe von Innovationen, die den Takt im Markt vorgaben und später als Benchmark für den Internethandel dienten. Neben der frühen Einführung virtueller



Hans-Otto Schrader (re.), Vorstandsvorsitzender der Otto Group, übergibt die Hall-of-Fame-Urkunde an Prof. Dr. Peer Witten (li.), Vorsitzender des Kuratoriums und Sprecher der Logistik-Initiative Hamburg. Foto: Logistics Hall of Fame / Gabsch

Informations- und Serviceplattformen sowie Umweltmanagementsystemen im Warehousing gehörten dazu vor allem neue Lieferservices, wie die Lieferung an allen Werktagen, der 24-Stunden-Service oder frei wählbare Zeitfenster. Die Laudatio für Professor Witten, der seit dem Jahr 2000 Kurator des Fraunhofer IFF ist, hielt Hans-Otto Schrader, CEO der Otto Group.

Die Logistics Hall of Fame ehrt internationale Persönlichkeiten, die sich um die Weiterentwicklung von Logistik und Supply Chain Management außergewöhnlich verdient gemacht haben. Darüber hinaus verfolgt sie den Zweck, herausragende Leistungen in der Logistik zu dokumentieren und Innovationen anzustoßen. Sie will damit die Innovationskraft der Logistik in die Öffentlichkeit tragen und zur Wettbewerbsfähigkeit und zum Ansehen der Logistikbranche beitragen. ■

## Fraunhofer-Forschungsmanager



In feierlichem Rahmen nahm Herr Dr.-Ing. Behrendt (re.) seine Urkunde von Professor Georg Rosenfeld, Mitglied des Fraunhofer-Vorstands, entgegen. Foto: Marc Müller

Seit 2015 bietet die Fraunhofer Academy eine im deutschen Wissenschaftssystem einzigartige Form der strategischen Kompetenzentwicklung in der Verwertung von Forschungsergebnissen an: Das Prädikatsprogramm »Fraunhofer-Forschungsmanager/in«. Neben allgemeinen Kompetenzen für Führungskräfte vermittelt das Format Fertigkeiten an der Schnittstelle von Wissenschaft und Wirtschaft und zielt auf die Erweiterung der unternehmerischen Kompetenzen der Teilnehmenden ab.

Das Fraunhofer IFF war in diesem exklusiven Schulungsprogramm mit Dr.-Ing. Fabian Behrendt vertreten. Der 32-Jährige ist Mitarbeiter am Magdeburger Institut und zugleich Leiter der Geschäftsstelle des Verbunds Produktion der Fraunhofer-Gesellschaft. In dieser Funktion verfügt

er bereits über weitreichende praktische Erfahrungen im strategischen Forschungsmanagement des produktionstechnischen Verbunds – sicher einer der Gründe, dank derer er in dem Weiterbildungsprogramm einen ausgezeichneten Abschluss erzielen konnte.

Die Vermittlung strategischen Wissens ist aber nur ein Teil des Mehrwerts des Programms. Das mit ihm forcierte Ausbilden institutsübergreifender Netzwerke innerhalb der Fraunhofer-Gesellschaft ist von ebenso großer Bedeutung, betonte auch Professor Georg Rosenfeld, Fraunhofer-Vorstand für Technologiemarketing und Geschäftsmodelle, der die Abschlussurkunden am 8. März 2017 feierlich überreichte.

Im Anschluss an das diesjährige Programm sind bereits weitere Formate geplant. Unter anderem soll ein Kompetenznetz »Fraunhofer-Forschungsmanagement« aufgebaut werden, das die strategische Kooperation zwischen den Fraunhofer-Instituten weiter unterstützen soll. ■

# Best Paper Award für Robotik-Experten des Fraunhofer IFF



Drei Forscher des Fraunhofer IFF wurden mit dem Best-Paper Award der International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA) 2016 in Berlin ausgezeichnet. Magnus Hanses, Roland Behrens und Professor Norbert Elkmann erhielten die Auszeichnung für ihren Beitrag »Hand-guiding Robots Along Predefined Geometric paths Under Hard Joint Constraints«. Das Paper und der Vortrag basierten auf ihren Arbeiten im Rahmen des medizintechnischen Forschungscampus STIMULATE, einem Forschungscluster, an dem unter anderem die Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Siemens Healthcare und das Fraunhofer IFF beteiligt sind.

In STIMULATE entwickeln die Wissenschaftler des Fraunhofer IFF einen Assistenzroboter, der Ärzte bei bildgeführten minimalinvasiven Eingriffen mittels geführter Bewegungen unterstützen soll.

Im Forschungsprojekt STIMULATE entwickeln Wissenschaftler des Fraunhofer IFF einen handgeführten Assistenzroboter für minimal-invasive medizinische Eingriffe. Foto: Fraunhofer IFF, Uwe Völkner

Im Fokus liegt dabei die Verbesserung der Strahlenhygiene, der Ergonomie und der Präzision im Vergleich zu herkömmlichen Interventionen. Des Weiteren soll der Roboter nicht auf einen spezifischen Eingriff spezialisiert werden, sondern in der Lage sein, verschiedene Eingriffe durchzuführen.

Die ETFA-Konferenz wird mitgetragen von dem Institut of Electrical and Electronics (IEEE), dass seit dem Jahr 2014 mit mehr als 430.000 Mitgliedern in über 160 Ländern der größte technische Berufsverband der Welt ist. Ziel der ETFA ist es, Forscher und Praktiker aus der Industrie und den Hochschulen zusammenzubringen und ihnen die Möglichkeit zu geben, über die jüngsten Fortschritte und Entwicklungen in neuen Technologiebereichen zu berichten. ■

## Ausblick

Auf diesen Veranstaltungen treffen Sie die Forscherinnen und Forscher des Fraunhofer-Instituts für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF.

**20. Mai 2017**  
Lange Nacht der Wissenschaft,  
Magdeburg

**29. Mai 2017**  
Wissenschaft im Rathaus,  
Magdeburg

**20.–22. Juni 2017**  
20. IFF-Wissenschaftstage des  
Fraunhofer IFF,  
Magdeburg

**21.–22. Juni 2017**  
VDI / VDEh-Forum Instandhaltung,  
Salzgitter

**25.–27. Oktober 2017**  
34. Deutscher Logistik-Kongress,  
Berlin

**14.–15. November 2017**  
14. Fabrikplanungskongress,  
Ludwigsburg

**27. November 2017**  
Wissenschaft im Rathaus,  
Magdeburg

**28.–30. November 2017**  
sps ipc drives,  
Nürnberg



# Impressum

IFFocus 1/2017

Herausgeber: Fraunhofer-Institut für  
Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF  
Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Prof. E. h.  
Dr. h. c. mult. Michael Schenk

Sandtorstraße 22 | 39106 Magdeburg  
Telefon +49 391 4090-0  
Telefax +49 391 4090-596  
ideen@iff.fraunhofer.de  
www.iff.fraunhofer.de

ISSN 1862-5320

Redaktion:  
René Maresch M.A.,  
Dipl.-Des. (FH) Daniela Martin,  
Dr. Janine van Ackeren,  
Manfred Schulze,  
Judith Gudde,  
Christina David,  
Maria Joedicke  
presse@iff.fraunhofer.de

Gestaltung:  
Bettina Rohrschneider

Herstellung: Harzdruckerei GmbH

Alle Rechte vorbehalten. Für den Inhalt der Beiträge zeichnen die Autoren verantwortlich. Dieses Werk ist einschließlich aller seiner Teile urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die über die engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes hinausgeht, ist ohne schriftliche Zustimmung des Herausgebers unzulässig und strafbar. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen sowie die Speicherung in elektronischen Systemen. Die Wiedergabe von Warenbezeichnungen und Handelsnamen in dieser Veröffentlichung berechtigt nicht zu der Annahme, dass solche Bezeichnungen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und deshalb von jedermann benutzt werden dürften. Soweit in diesem Werk direkt oder indirekt auf Gesetze, Vorschriften oder Richtlinien (z. B. DIN, VDI) Bezug genommen oder aus ihnen zitiert worden ist, kann der Verlag keine Gewähr für Richtigkeit, Vollständigkeit oder Aktualität übernehmen.

## 20. IFF-WISSENSCHAFTSTAGE 2017



**20. BIS 22. JUNI 2017**

**Die Fachveranstaltungen der Konferenz widmen sich 2017 zentralen Forschungsfragen des Digital Engineering und der Mensch-Roboter-Kollaboration.**

In den Vorträgen, im persönlichen Austausch und auf der begleitenden Fachausstellung können die Teilnehmenden der IFF-Wissenschaftstage Einblicke in aktuelle Forschungsvorhaben und Projekte erhalten, die Wissenschaftlerinnen, Wissenschaftler und Industriepartner gemeinsam umsetzen.

Nutzen Sie die Konferenz, um Einblicke in aktuelle Trends und Perspektiven in Ihrem Fachbereich zu erhalten. Wir freuen uns, Sie vom 20. bis 22. Juni 2017 zu den IFF-Wissenschaftstagen in Magdeburg begrüßen zu dürfen!

[www.wissenschaftstage.iff.fraunhofer.de](http://www.wissenschaftstage.iff.fraunhofer.de)