

# weiter.vorn

Das Fraunhofer-Magazin

2/13

## Smart und flexibel fertigen

### **Energie**

Virtuelles Kraftwerk

### **Informationstechnologie**

App für die Leber-OP

### **Life Sciences**

Kampf gegen Malaria



**Alexander von Humboldt**  
Stiftung/Foundation



## Herausragende Forschertalente gesucht

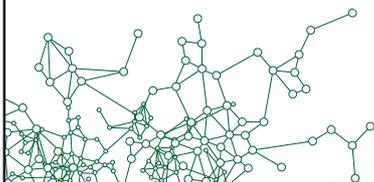
**Sofja Kovalevskaja-Preis** – Werden Sie Gastgeber für die besten Nachwuchswissenschaftlerinnen und -wissenschaftler aus dem Ausland.

Die Alexander von Humboldt-Stiftung eröffnet ab sofort das Bewerbungsverfahren für den Sofja Kovalevskaja-Preis 2013, einen der höchst dotierten deutschen Wissenschaftspreise. Jeweils bis zu 1,65 Millionen Euro ermöglichen ausgezeichneten Forscherinnen und Forschern aller Disziplinen innovative wissenschaftliche Arbeit zu einzigartigen Konditionen: Fünf Jahre lang können diese an einem Institut ihrer Wahl in Deutschland Arbeitsgruppen aufbauen und eigene Forschungsvorhaben durchführen – unabhängig und ohne administrative Zwänge.

Initiieren Sie als Gastgeber die Bewerbung von Spitzentalenten aus dem Ausland, die ihre Promotion vor nicht mehr als sechs Jahren abgeschlossen haben. Nutzen Sie die Gelegenheit, mit ihnen bereits bei ihrem Karrierestart eng zusammenzuarbeiten und so den Grundstein für eine langfristige internationale Kooperation zu legen.

Die Bewerbungsfrist endet am 31. Juli 2013. Informieren Sie sich unter: [www.humboldt-foundation.de/SKP](http://www.humboldt-foundation.de/SKP)

**Exzellenz verbindet –  
be part of a worldwide network.**



Alexander von Humboldt-Stiftung  
Jean-Paul-Str. 12  
53173 Bonn

E-Mail: [info@avh.de](mailto:info@avh.de)

[www.humboldt-foundation.de](http://www.humboldt-foundation.de)

# Wertschöpfung schafft Wohlstand



Prof. Dr. Reimund Neugebauer. © Jörg Lange

Deutschland gehört zu den erfolgreichsten Industrienationen der Welt. Das ist ein Ergebnis der Studie »Die Messung der industriellen Standortqualität in Deutschland« des Instituts der deutschen Wirtschaft Köln. Die Industrie hat ihren Anteil an der Wertschöpfung in den vergangenen 15 Jahren nicht nur gehalten, sondern 2011 sogar auf 23 Prozent gesteigert. Eine weitere positive Entwicklung: Immer mehr Unternehmen fertigen wieder in Deutschland. Im Jahr 2011 hatte die Produktionsverlagerung ins Ausland den niedrigsten Stand seit Mitte der Neunzigerjahre erreicht. Das ergab eine Untersuchung des Fraunhofer-Instituts für System- und Innovationsforschung ISI und der Hochschule Karlsruhe. Zwar sind, hochgerechnet auf das gesamte deutsche verarbeitende Gewerbe, etwa 20 Prozent der Produktionskapazitäten im Ausland angesiedelt. Aber mittlerweile kommt auf jeden vierten Verlagerer ein Unternehmen, das seine Fertigung zurück nach Deutschland holt. Die Firmen setzen nicht nur auf eine Senkung der Kosten, sie schätzen auch wieder stärker die Vorzüge des Produktionsstandorts Deutschland wie Qualität, Qualifikation der Mitarbeiter und Innovationskraft.

Doch auf diesen Erfolgen dürfen wir uns nicht ausruhen: In Deutschland hat sich nach kurzem Aufschwung die Konjunktur schon wieder deutlich abgeschwächt. Das Jahr 2013 lässt nur ein geringes Wachstum erwarten. Auch der Außenhandel geht wegen der schwachen Konjunktur in den europäischen Ländern zurück. Zudem stellen uns die wachsende Weltbevölkerung, knapper werdende Ressourcen, der Klimawandel und die älter werdende Gesellschaft vor große Herausforderungen. Innovationen können hier Lösungen ermöglichen. So helfen zum Beispiel neue Technologien und Verfahren dabei, den Ressourcenverbrauch deutlich zu senken. Davon kann die deutsche Wirtschaft in doppelter Weise profitieren: Zum einen sparen die Unternehmen Rohstoffe und Kosten, zum anderen entwickeln sie neue effiziente Verfahren und Produkte, die auf den Weltmärkten zunehmend nachgefragt werden.

Neben der effizienten Fertigung ist die fortschreitende Vernetzung aller Bereiche der Industrie ein weiterer Trend in der Produktion. Maschinen, Anlagen, Werkstücke und Bauteile werden künftig Daten austauschen, Cyber-physische Systeme nehmen Sensordaten auf, mit deren Hilfe sie Material-, Güter- und Informationsflüsse regeln. Hierdurch wird es in Produktion und Logistik einen Schub für Effizienz, Sicherheit und Ressourcenschonung geben. Deshalb steht auch die Hannover Messe in diesem Jahr unter dem Motto »Integrated Industry«.

Deutschland ist für diesen Wandel in der Fertigung gut gerüstet. Denn wir gehören nicht nur im Bereich Produktionstechnik und Maschinenbau zu den führenden Nationen, sondern auch bei eingebetteten Systemen. An welchen Lösungen Fraunhofer-Forscher für die iProduction arbeiten, erfahren Sie in der Titelgeschichte. Und auf der Hannover Messe zeigen wir in der »Morgenfabrik« neue Ansätze, wie sich die industrielle Wertschöpfung mit Ressourceneffizienz und ökologischer Verträglichkeit in Einklang bringen lässt.

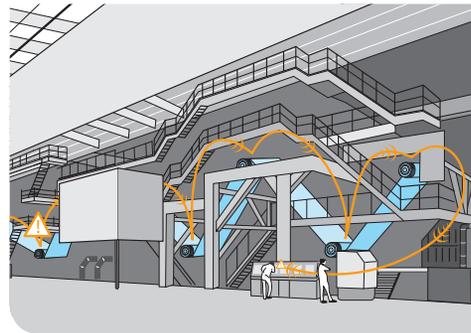
Mit Forschung und Entwicklung will Fraunhofer dazu beitragen, dass Deutschland auch in Zukunft ein attraktiver Standort für die Produktion bleibt.

Ihr



8

Titelthema  
**Smart und flexibel fertigen**  
 Künftig steuern die Produkte selbst die Fertigung.



14

**Funk-Sensornetzwerk beaufsichtigt Maschinen**  
 Defekte Geräte können die Fertigung stoppen. Funksensoren sollen das verhindern und die Maschinen permanent überwachen.



30

**App für die Leber-OP**  
 Unterstützung für den Arzt: Die Daten für den Eingriff sind via Tablet-PC verfügbar.



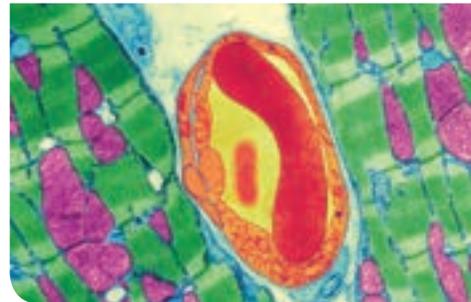
42

**Nicht nur sauber, sondern rein**  
 Glas, Kunststoffe und Metalle – photokatalytische Oberflächen eignen sich für unterschiedliche Materialien.



46

**Farbe für die Solarfassade**  
 Mithilfe der Dünnschicht-Technik lassen sich farbige Solarzellen herstellen.



52

**Herzmuskelzellen aus der Petrischale**  
 Der Herzinfarkt ist eine der häufigsten Todesursachen.

# Inhalt

06 Spektrum

40 International

41 Fraunhofer inside

59 Kompakt

60 Panorama

61 Personalien

61 Impressum

62 Gründerwelt

## Titelthema

### 08 Smart und flexibel fertigen

Die Produktion der Zukunft organisiert sich selbst – dank eingebetteter Systeme und Kommunikationstechnik.

## Produktion

### 14 Funk-Sensornetzwerk belauscht Maschinen

Wartung just in time: Sensoren überwachen Geräte kontinuierlich.

### 16 Produkte aus dem Drucker

Mit dem Laser lassen sich Werkstücke bearbeiten und Produkte aus Pulver fertigen.

### 19 Kontrolle per Fingerzeig

Ein neues System zur Qualitätssicherung wird einfach über Gesten bedient.

## Energie

### 20 Virtuelles Kraftwerk

Kleinere Stromerzeuger lassen sich zu einem virtuellen Kraftwerk zusammenschließen.

### 22 Ein Traumhaus für Seoul

Das »Energy Dream Center« ist das erste Nullenergiegebäude in Südkorea.

## Informationstechnologie

### 25 Schnelleres Videostreaming

Forscher haben den Videocodec HEVC mit dem Mobilfunkstandard LTE kombiniert.

### 26 Wenn Daten mit Lichtgeschwindigkeit fliegen

Informationen schneller mit Licht übertragen.

### 28 Vernetzter Bauernhof

Eingebettete Systeme machen die Landwirtschaft smart.

### 30 App für die Leber-OP

Eine neue Software hilft Chirurgen, präziser und sicherer zu operieren.

### 34 3D im OP

Moderne Kameras und Bildschirme machen 3D auch für Operationen interessant.

### 36 Klinikabläufe optimal gestalten

Optimierte Prozesse sparen Kosten und verbessern die Versorgung.

### 38 Effizient kommunizieren

Neue Technik drosselt den Energiebedarf der Mobilfunknetze.

## Oberflächen

### 42 Nicht nur sauber, sondern rein

Bessere Luftqualität dank Oberflächen mit photokatalytischen Eigenschaften.

### 46 Besser schmieren

Neue Schicht-Schmierstoff-Kombinationen senken die Reibungsverluste gegen null.

## Photonik

### 48 Farbe für die Solarfassade

Forscher machen aus Solarzellen bunte Designobjekte.

## Sicherheit

### 50 Roboter als Retter

Vernetzte Roboter und Sensoren unterstützen Helfer im Katastrophenfall.

## Life Sciences

### 52 Herzmuskelzellen aus der Petrischale

Stammzellen sollen geschädigte Herzmuskelzellen ersetzen.

### 54 Gesundes Saatgut

Elektronen statt Chemie: Neues Verfahren tötet Schädlinge ab.

### 56 Kampf gegen Malaria

Fraunhofer-Experten arbeiten an Mehrstufenimpfstoffen gegen Malaria.

## Supermärkte sparen Energie

Supermärkte mit ihren großen Kühlanlagen und aufwändiger Beleuchtung verbrauchen viel Energie. Ihr Bedarf ist bis zu zehn Mal so hoch wie ein durchschnittlicher Haushalt. Mit einem neuen Konzept aus dem Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE in Freiburg wollen Supermarktbetreiber nun bis zu 30 Prozent Energie einsparen. Zusammen mit Bauherr, Planungsteam und Herstellern haben die Forscher ein ganzheitliches Konzept entwickelt. Im ersten Betriebsjahr konnten sie den Strombedarf bereits um 20 und im zweiten um 25 Prozent senken.

Die Kühlung hat mit etwa 40 bis 50 Prozent den größten Anteil an der Stromrechnung. Wenn die Kühlstellen nicht einzeln, sondern zentral gesteuert werden, können die Betreiber Energie sparen. Die Wärme wird nicht mehr in den Raum abgeführt, sondern über eine dreistufige Rückkühlung abgeleitet. Im Winter gewinnt das System die Abwärme der Geräte über einen Wärmetauscher zurück und heizt damit den Verkaufsraum. Gas- und Ölkessel sind somit überflüssig. Und die Lüftungsanlage wird nun nicht mehr als »Heizung« gebraucht, sondern bringt ausschließlich frische Luft in den Raum.

Die Experten verwenden statt herkömmlicher Kältemittel Kohlendioxid, denn dessen Treibhauspotenzial ist um das 3000- bis 4000fache niedriger. Sie setzen vor allem auf Tageslicht, um die großen Verkaufsräume zu erhellen.

Tageslichtkuppeln im Dach reduzieren den Strombedarf für Beleuchtung.  
© Ralph Kensmann, StartDesign GmbH



## Reha im Wohnzimmer

Auch Zuhause können Rehapatienten künftig individuell trainieren und dabei sicher sein, dass sie die richtigen Bewegungen ausführen. Eine neue Technologie aus dem Fraunhofer-Institut für Offene Kommunikationssysteme FOKUS in Berlin unterstützt die Patienten bei den Übungen.

Das Therapie- und Trainingssystem besteht aus einem Übungseditor und einem Mini-PC, der Rehabox, die an den Fernseher angeschlossen ist und verfügt über eine 3D-Kamera. Außerdem umfasst das System körpernahe Sensoren, die in einen Brustgurt oder eine Uhr integriert sind. Im Übungseditor konzipiert der Therapeut ein Programm, das speziell auf den Patienten zugeschnitten ist. Der Patient legt den Brustgurt an, sieht auf dem Fernsehbildschirm die für ihn bestimmten Übungsabläufe und kann sie nachmachen. Die Rehabox erfasst und analysiert die Bewegungen, welche die Kamera vom Übenden aufnimmt. Die automatische Rückmeldung ermöglicht dem Trainierenden schon während der Ausführung bei Bedarf eine Korrektur der Bewegungsabläufe. Die ausgewerteten Daten sendet die Box via Internet an das Versorgungs- oder Rehazentrum, wo Therapeuten und Ärzte den Fortschritt des Patienten nachvollziehen und die Übungen entsprechend anpassen können.

Auch Puls, Sauerstoffsättigung und gegebenenfalls EKG-Daten übermittelt das System. So vermögen die Therapeuten nicht nur einzuschätzen, ob der Betroffene die Übungen richtig ausführt, sondern auch, wie stark sie ihn belasten. Das ist besonders wichtig bei Menschen, die eine Herz-Kreislauf-Erkrankung haben.

Dank einer neuen Technologie können Patienten ihre Reha-Übungen künftig in den eigenen vier Wänden durchführen. © Fraunhofer FOKUS



## Glasfassaden im Härtetest

Ob Glasfassaden Detonationen standhalten, testen Forscher mit einer Stoßrohranlage. Sie nutzen das Stoßrohr »Blast-STAR« unter anderem für einen neuen Gebäudekomplex in San Francisco: das »Transbay Transit Center« – ein fünfstöckiges Gebäude mit Glasfassaden und mehr als 20 000 Quadratmetern Grundfläche. Im Auftrag eines New Yorker Ingenieurbüros prüfen Wissenschaftler am Fraunhofer-Institut für Kurzzeitdynamik, Ernst-Mach-Institut, EMI in Efringen-Kirchen verschiedene Glasfassadenelemente auf ihre Widerstandsfähigkeit hin.

Das Stoßrohr besteht aus einem Kompressions- und einem Expansionsteil, getrennt durch eine Stahlmembran. Im Kompressionsteil können die Forscher die Luft auf bis zu 30 bar komprimieren, den Druck also auf den 30fachen Luftdruck erhöhen. Damit lässt sich am Bauteil ein Belastungsdruck von 2,5 bar erreichen. Ist der Druck eingestellt, sticht man die Stahlmembran an: Die Luft entweicht schlagartig, läuft durch das Expansionsteil hindurch und trifft als ebene Stoßfront auf das Glaselement, das am Ende des Stoßrohrs befestigt ist. Das Fenster wird zunächst mit Wucht nach hinten gedrückt, bevor der Druck wieder nachlässt und das Glas dadurch nach vorne gesogen wird.

Die Sicherheitsexperten können Detonationen unterschiedlicher Sprengstoffmengen in Abständen von 35 Meter bis 50 Metern vor dem Gebäude nachstellen – von 100 bis 2500 Kilogramm TNT. Mithilfe von Normen ist mit diesen Versuchen eine Klassifizierung der Sprengwirkungshemmung möglich, die einen Vergleich der Widerstandsfähigkeit der unterschiedlichen Gläser erlaubt.

Glasfront des neuen »Transbay Transit Center« in San Francisco.  
© Pelli Clarke Pelli Architects



## Implantate mit Laser poliert

Die Oberfläche von Implantaten ist entscheidend für den Heilungserfolg: Knochenimplantate etwa benötigen eine poröse Struktur, damit die Zellen gut einwachsen können. Andere Implantate wiederum sollen eine möglichst glatte Oberfläche haben, damit sich daran keine Bakterien ansiedeln können und das umliegende Gewebe nicht beschädigt wird. Im Projekt »MediSurf« ist es Unternehmen und Forschern gelungen, die Fertigungszeit von dentalen und blutführenden Implantaten – wie Herzpumpen – zu senken und deren Verträglichkeit für die Patienten zu verbessern.

Dazu haben Experten vom Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT in Aachen beispielsweise eine flexible und kostengünstige Anlage zum automatisierten Polieren von Implantaten entwickelt und einen Prototyp aufgebaut. Ergebnis: die maschinell erstellten Implantate sind ebenso verträglich wie manuell polierte. Jedoch ist die Laserpolitur 30 bis 40 Mal schneller und gewährleistet die gewünschte Oberflächenstruktur. Ein weiterer Vorteil: Die Fertigung ist sauberer und umweltfreundlicher. Da im Gegensatz zur manuellen Politur Polier- und Schleifmittel nicht verwendet werden, bleiben auch keine chemischen Rückstände am Implantat zurück.

Unbehandelte und laserpolierte Komponente des Herzunterstützungssystems INCOR aus Titan. © Fraunhofer ILT



# Smart und flexibel fertigen

Text: Birgit Niesing

Mit einem Browser lassen sich Maschinen und ganze Fabrikanlagen darstellen, mit Zusatzinformationen per Mausklick ergänzen (Augmented Reality) oder in Echtzeit steuern. © Fraunhofer IGD



An die Produktion der Zukunft werden hohe Anforderungen gestellt: Sie muss intelligent, wandelbar, effizient und nachhaltig sein. Ein Schlüssel zum Erfolg ist die smarte und flexible Automatisierung. Mikroelektronische Systeme kombiniert mit Informations- und Kommunikationstechnik ermöglichen es, dass sich Produktionsprozesse selbst organisieren. Fraunhofer-Forscher legen wichtige Grundlagen für die iProduction.

Die industrielle Fertigung steht vor großen Herausforderungen: Neue Produkte kommen in immer kürzeren Abständen auf den Markt. Dabei steigt die Anzahl der Varianten: Denn die Kunden stellen die Artikel zunehmend nach eigenen Wünschen zusammen. Gleichzeitig müssen mehr Waren mit knapper werdenden Ressourcen gefertigt werden und das möglichst effizient und ökologisch. Um diese Anforderungen zu meistern, setzen Forschung und Industrie auf eine flexible und intelligente Automatisierung. Die Idee: Maschinen, Werkstücke, Transportmittel und halb fertige Produkte enthalten nicht nur eingebettete Systeme, sprich winzige Rechner, sowie Sensoren und Aktoren, sondern sind auch miteinander und zum Teil zudem mit dem Internet vernetzt. So können sie selbständig Informationen austauschen und untereinander sowie mit den Menschen interagieren. Es entstehen cyber-physische Systeme (engl. Cyber-Physical Systems, CPS), die reale Objekte (physische) mit der virtuellen Welt (cyber) verbinden. Das ermöglicht den nächsten Sprung in der industriellen Fertigung, die Industrie 4.0. Das Internet der Dinge und Dienste zieht in die Fabrikhalle.

Doch wie kann eine solche smarte Produktion umgesetzt werden? Künftig hat jedes Werkstück ein eigenes »Gedächtnis«. Dort sind unter anderem der Auftraggeber, die gewünschte Ausstattung und der Zielort gespeichert. Die Rohlinge lassen sich eindeutig identifizieren und lokalisieren. Sie kennen die geforderte Bearbeitung, ihre Historie sowie ihren aktuellen Zustand. Und sie können mit den Maschinen kommunizieren und sich darüber abstimmen, wann welche Fertigungsprozesse durchlaufen werden. So entsteht eine »sich selbst organisierende« Fabrikation, in die der Mensch nicht mehr ständig eingreifen muss, aber über die er die Kontrolle hat. Das bringt große Vorteile: Intelligente Werkstücke, Maschinen und Transportsysteme denken bei Störungen neu, überlegen, ob ein späterer Fertigungsschritt vorgezogen

werden kann, oder ob etwa beim Ausfall eines Schweißroboters möglicherweise ein anderer die Aufgabe übernimmt.

»Fraunhofer verfügt über große Kompetenz in den Bereichen Produktion, eingebettete Systeme sowie Informations- und Kommunikationstechnik. Wir können wichtige Grundlagen für die Fertigung der Zukunft legen und damit zu einer nachhaltigen Wertschöpfung in Deutschland beitragen« hebt der Präsident der Fraunhofer-Gesellschaft, Professor Reimund Neugebauer, hervor. »In der Smart Factory werden alle Technologien eingesetzt, die aus der Informations- und Kommunikationstechnologie, aber auch aus dem Maschinenbau kommen. Diese Kommunikationsfähigkeit in Echtzeit ermöglicht es uns, die Prinzipien der Netzwerkökonomie auf die Produktion zu übertragen. Das heißt, wir können hochkomplexe Abläufe dezentral betreiben und optimieren«, erläutert Professor Thomas Bauernhansl, Leiter des Fraunhofer-Instituts für Produktionstechnik und Automatisierung IPA in Stuttgart.

 [www.sopro-projekt.de](http://www.sopro-projekt.de)

Dass diese Vision keine ferne Science-Fiction ist, haben Forscher aus vier Fraunhofer-Instituten in dem Projekt Selbstorganisierende Produktion (SOPRO) gezeigt. Herzstück dieser intelligenten Fertigung sind die »Process-eGrains«. Die am Fraunhofer-Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration IZM in Berlin entwickelten Minirechner bestehen aus Sensoren, einer Funkeinheit, einer eigenen Datenverarbeitung samt Speicher und der Energieversorgung. Die zuckerwürfelgroßen Winzlinge bringt man unter anderem an Werkstücken, Transportsystemen, Paletten, Maschinen und Montageplätzen an. Zusammen bilden sie das »Gehirn« der Fertigung – sie entscheiden selbst, wie hochkomplexe Herstellungsprozesse effizient gesteuert, überwacht und flexibel angepasst werden.

Die »Selbstorganisierende Produktion« ist nicht der einzige Ansatz. Allein in Deutschland gibt es schon mehrere »Modellfabriken«, in denen Wissenschaft und Wirtschaft die Fertigung der nächsten Generation vordenken. Wie industrielle Informationstechnik technischen Systemen zu mehr Intelligenz verhelfen kann, untersucht die »Lemgoer Smart Factory«. Wissenschaftler des Fraunhofer-Anwendungszentrums Industrial Automation IOSB-INA und der Hochschule Ostwestfalen Lippe erproben und demonstrieren hierbei die Integration von geeigneten Informations- und Kommunikationstechnologien für die Automation wandlungsfähiger und energieeffizienter Produktionssysteme.

Dass der neue Ansatz sogar eine kundenindividuelle Fertigung ermöglicht, zeigt die »Fabrik der selbststeuernden Produkte« in Bremen. Dort montiert man Auto-Rücklichter in drei unterschiedlichen Varianten. An dem Projekt arbeiten Experten der Bremer Universität, der Jacobs University und des Fraunhofer-Instituts für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM. Die Besonderheit der Modellfabrik: Das Ausgangsbauteil, der Reflektor, steuert selbst die Herstellung. Es organisiert, wann es mit Elektronik, Birne, Dichtung und – je nach Kundenwunsch – mit welcher der drei unterschiedlichen Blenden es ausgerüstet wird. Dazu haben die Forscher die Reflektoren mit Funk-Chips ausgestattet. So weiß die Anlage immer, wo sich die Bauteile gerade befinden. Die Komponenten werden zudem von Software-Agenten repräsentiert. Die handeln untereinander aus, welches Rücklicht als nächstes an welcher Maschine bearbeitet werden soll. Dabei gelten feste Regeln wie zum Beispiel, wer die kürzeste Bearbeitungszeit hat oder am schnellsten ausgeliefert werden muss, hat Vorrang.

An der Fertigung der Zukunft arbeiten Forscher in der »Smart Factory« des Deutschen Forschungszentrums für Künstliche Intelligenz DFKI in Kaiserslautern. Insgesamt sind mehr als 20 Partner an dem Projekt beteiligt, darunter auch Siemens, BASF, Wittenstein, John Deere und das Fraunhofer-Institut für Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung IOSB in Karlsruhe. Auf der herstellerunabhängigen Forschungs- und Demonstrationsanlage lassen sich neue Informationstechnologien und deren Einsatz in einer realitätsnahen industriellen Produktionsumgebung testen und weiterentwickeln.

### Smarte Bauteile und Maschinen

Ein wesentlicher Schlüssel für die smarte Fertigung sind die »intelligenten« Bauteile, die CPS. Aber wie lässt sich ein elektronisches Gehirn in metallische Produkte bringen, die via Druckguss bei bis zu 700 Grad Celsius hergestellt werden? Forscher des IFAM in Bremen haben dafür die CASTTRONICS®-Technologie etabliert. Sie ermöglicht – dank eines ganzen Bündels ausgefeilter Maßnahmen – das direkte Eingießen elektronischer und adaptronischer Funktionselemente im Druckgussverfahren. Additive Manufacturing ist ein anderer Weg, Elektronik in Metall zu integrieren. Dabei erstel-

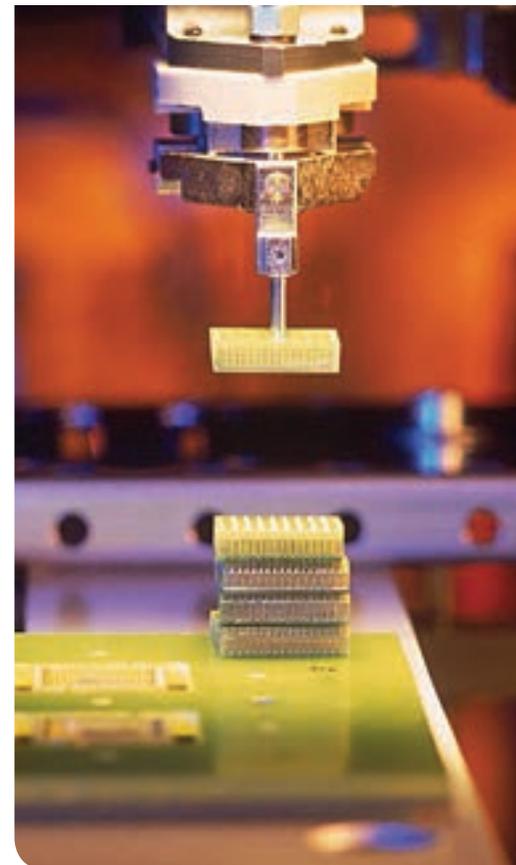
len die Forscher das Werkstück vorab als 3D-Modell am Computer. Elektronikbauteile werden während des Bauprozesses integriert wobei das Werkstück Schicht für Schicht entsteht, indem Metallpulver mit einem Laser verschmolzen wird.

Aber nicht nur die Bauteile werden »intelligent«. Auch Maschinen sind künftig zum Beispiel Funksensoren versehen. Dann können sie sich automatisch melden, wenn sie gewartet werden müssen. Dass das funktioniert, haben Forscher des IZM in dem Verbundprojekt »Energieautarkes Condition Monitoring System – ECoMoS« (s. Seite 14) gezeigt. Unter Federführung der Fraunhofer-Projektgruppe »Entwurfstechnik Mechatronik« in Paderborn arbeitet der Spitzencluster »it's OWL« sogar an intelligenten Produktionsprozessen, bei denen Maschinen in der Lage sind, Fehler in der Produktion zu erkennen und diese selbst zu korrigieren, indem sich die Anlage eigenständig nachjustiert.

Neben smarten Bauteilen und Maschinen bedarf es auch »intelligenter« Transportbehälter. Experten des Fraunhofer-Instituts für Materialfluss und Logistik IML entwickelten die Box »inbin«. Der Behälter ist mit Funk, einem Rechner, Sensoren und einem kleinen Display ausgestattet. So können die Transportboxen mit Menschen und Maschinen kommu-

Process-eGrains sind besonders zuverlässige, zuckerwürfelgroße Elektronikbausteine – sie werden mit Sensoren ausgestattet und kommunizieren flexibel in drahtlosen Netzwerken (Bild links). © Fraunhofer IZM

Bild rechts: ARENA2036: Die Forschungsfabrik für wandlungsfähige Produktion und Leichtbau. © Werner Sobek



nizieren, Umweltbedingungen überwachen, Entscheidungen treffen und Logistikprozesse steuern.

### Automatische Konfigurationen

Kürzere Innovationszeiten und individuelle Produkte erfordern sowohl eine flexible Fertigung, als auch wandelbare Fabriken. Doch derzeit ist es aufwändig und langwierig, ein Werk für die Herstellung neuer Artikel umzurüsten. Wechselt eine Ware, wird zunächst die Produktionsstraße neu zusammengestellt. Dann folgt die Konfiguration des IT-Systems. Dazu müssen die Daten jeder einzelnen Maschine, die zur Straße gehört, von Hand in den Rechner eingegeben werden. Das dauert und ist anfällig für Fehler. Wissenschaftler des IOSB forschen an einer intelligenten Verknüpfung zwischen den einzelnen Komponenten Fabrik. Ihre Idee: Jede Komponente soll automatisch merken, was sich verändert hat, und darauf entsprechend reagieren. Dann könnte man eine neue Maschine einfach via »Plug-and-Work« in die Produktionsanlage integrieren.

Vor großen Umbrüchen steht die Automobilindustrie. Wie künftig Pkws gefertigt werden, untersucht das Projekt ARENA 2036. »Wir erforschen ein grundsätzlich neues Konzept für die Fahrzeugproduktion – ohne Takt und ohne Linie, verbinden

Leichtbauprozesse mit taktile Robotik, entwickeln effiziente, wandlungsfähige Logistiksysteme und sorgen für einen intuitiv konfigurierbaren Informationsaustausch zwischen Prozessmodulen im Sinne von Plug & Produce«, erklärt Professor Bauernhansl die ehrgeizigen Ziele des Forschungsvorhaben. ARENA 2036 gehört zu den Gewinnern im Wettbewerb »Forschungscampus – öffentlich-private Partnerschaft für Innovationen« des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF).

Noch ist es sehr aufwändig, die Informationen aus der physischen Produktion mit der digitalen Welt zu vernetzen. Die Forschungsinitiative »Virtual Fort Knox« will die Firmen dabei unterstützen. Wissenschaft und Industrie entwickeln eine intelligente, vernetzte, skalierbare und sichere Plattform sowie eine anforderungsgerechte Community Cloud. Darüber können Unternehmen die vielfältigen Möglichkeiten digitaler Produktionstools flexibel, kostengünstig und auf ihre Bedürfnisse angepasst nutzen. Das Leuchtturmprojekt des Landes Baden-Württemberg – bei dem das Fraunhofer IPA federführend ist - fördert das Ministerium für Finanzen und Wirtschaft Baden-Württemberg.

Doch wie werden wir Menschen in den smarten Fabriken der Zukunft arbeiten? Wie können sich die selbstbestimmten



Mitarbeiter mit den intelligenten Objekten abstimmen? Diese und weitere Fragen zur Industrie 4.0 untersuchen Forscher des Fraunhofer-Instituts für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO in der Studie »Produktionsarbeit der Zukunft«. »Es geht darum, wie wir die menschliche Arbeit durch die neuen Möglichkeiten der Technik sinnvoll unterstützen und die Zufriedenheit und Produktivität des Personals mittels einer höheren Flexibilität und Selbstorganisation steigern können«, erläutert der Leiter des IAO in Stuttgart, Professor Dieter Spath. Erste Ergebnisse bestärken unter anderem einen Ansatz des IAO, in dem die Mitarbeiter verstärkt Mobilgeräte und andere Kommunikationsmöglichkeiten nutzen und besser mit Objekt- und Anlagendaten vernetzt werden. Eine praktische Schnittstelle für die Kommunikation zwischen Mensch und CPS könnte eine Art »iProduction«-Assistent sein – etwa in Form eines Tablet-PCs. Damit ließen sich die »intelligenten« Objekte und Maschinen intuitiv bedienen.

Zunehmend wichtig wird es auch, Fabriken für ältere Mitarbeiter zu gestalten: Dies ist ein wesentlicher Schwerpunkt der E3-Fabrik, das steht für emissionsneutrale, energie- und ressourceneffiziente und ergonomische Fertigung. Eine Möglichkeit, ältere Arbeiterinnen und Arbeiter zum Beispiel bei schweren Tätigkeiten zu entlasten ist der Einsatz von

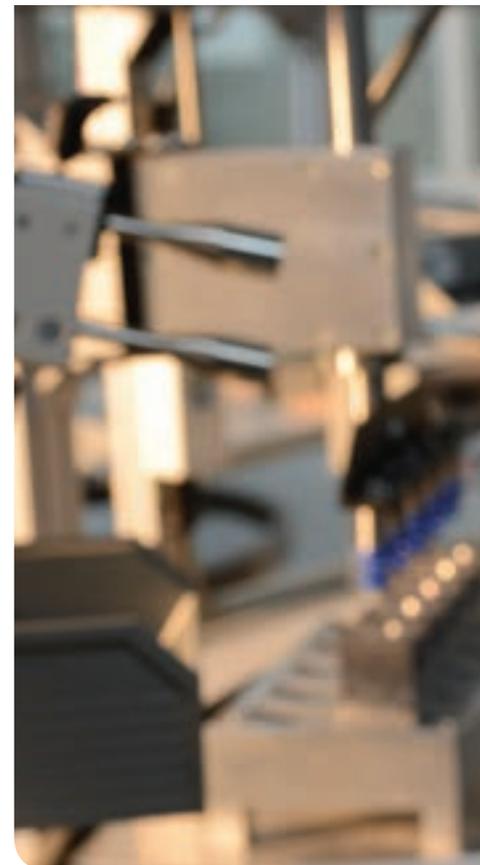
Assistenz-Robotern. Neue Steuerungssysteme und Sensorik befähigen diese zunehmend, sich eigenständig an veränderte Umgebungsbedingungen anzupassen und mit dem Menschen unmittelbar zusammenarbeiten. Forscher des Fraunhofer-Instituts für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik IPK in Berlin entwickeln solche Kooperativen Roboter, die Kobots. Ingenieure des IPA haben »Silia« konstruiert, ein System für die Mensch-Roboter-Kooperation bei Montageaufgaben auf engstem Raum. Voraussetzung für die Zusammenarbeit ist jedoch, dass die Automaten die Mitarbeiter nicht aus Versehen verletzen. Dank eines taktilen Sensorsystems, wie es Experten des Fraunhofer-Instituts für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF in Magdeburg für Roboter und sogar Fußböden in Produktionsumgebungen entwickelt haben, können die Maschinen die Annäherung eines Menschen und sogar kleinste Berührungen genauestens erkennen und unmittelbar darauf reagieren.

### Smart Factory und Virtual Reality

Eine wandelbare Produktion, die schnell auf Kundenwünsche reagiert, erfordert auch einen flexiblen Personaleinsatz. In dem Projekt »KapaflexCy« erstellen Wissenschaftler des IAO, eine selbstorganisierte Kapazitätssteuerung, die es Unternehmen



Produkte finden ihren Weg künftig selbst: Mithilfe RFID sortiert das Materialtransportsystem die Werkstücke (Bild links). © Fabian Krohne



Mobile Kommunikationsgeräte sind in der Produktionsarbeit der Zukunft nicht mehr wegzudenken (Bild rechts). © Bernd Müller

erlaubt, ihre Produktionskapazitäten gemeinsam mit den Mitarbeitern hochflexibel, kurzfristig und unternehmensübergreifend zu steuern. Davon profitieren die Firmen und die Angestellten. Die Betriebe können schnell auf schwankende Auftragslage und volatile Märkte reagieren. Gleichzeitig wird Personalplanung transparenter. Denn den Mitarbeitern ist es möglich, ihre Einsatzzeiten untereinander abzustimmen.

Ein wichtiges Werkzeug bei der Gestaltung und Planung der Smart Factory ebenso wie bei der Produktentwicklung ist Virtual Reality. Der Vorteil von VR: Bereits am Computer lassen sich Anlagen und Produkte optimieren. Das spart Zeit und Kosten. Mithilfe des »Digital Engineerings« ist es Forschern des IFF gemeinsam mit dem Spezialchemiekonzern Lanxess gelungen, in Rekordzeit eine neue Produktionsanlage zum Herstellen von Umkehr-Osmose-Membranelementen für die Wasseraufbereitung zu entwickeln und aufzubauen. Die Erweiterte Realität (eng. Augmented Reality, AR) vernetzt die digitale und reale Welt. So lassen sich etwa Montageanweisungen aus den 3D-CAD-Modellen ableiten und auf einem Tablet-PC darstellen.

Die smarte Fabrik der Zukunft bietet ein enormes Innovationspotenzial. Allerdings stellen sich auch große Herausfor-

derungen an die Sicherheit und Zuverlässigkeit. Wie schützt man die Informationen vor unerlaubten Zugriffen, wenn alle Komponenten miteinander vernetzt sind? Wie lassen sich die gigantischen Datenmengen überhaupt noch handhaben? Und wie kann man die hohe Komplexität überhaupt noch beherrschen? Hier gibt es noch viel Forschungsbedarf.

### Zukunftsprojekt Industrie 4.0

Die deutsche Industrie ist für den Umbruch gutgerüstet. Denn Deutschland gehört nicht nur in der Produktionstechnik und im Maschinenbau zu den führenden Nationen, sondern auch bei mechatronischen Systemen. Die Forschungsunion Wirtschaft und Wissenschaft hat der Bundesregierung Ende vergangenen Jahres Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0 überreicht. Um den Übergang zu unterstützen, setzen das Bundesministerium für Bildung und Forschung BMBF und Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie BMWi unter anderem auf das Zukunftsprojekt Industrie 4.0. Zudem hat das BMWi das Programm »AUTONOMIK für Industrie 4.0« aufgelegt. Ziel ist es, Deutschlands Spitzenstellung als hochwertiger Produktionsstandort und als Anbieter für modernste Produktionstechnologien zu stärken. In den vergangenen Jahren hat die digitale Wirtschaft in Deutschland rasant an Bedeutung gewonnen.

Schon jetzt gehen bereits mehr als 20 Prozent des Produktivitätswachstums in allen Branchen auf Informations- und Kommunikationstechnik zurück – so das Ergebnis des »Monitoring Report Digitale Wirtschaft«. Auch der Maschinenbau setzt zunehmend auf IT. Bereits heute entfallen etwa 30 Prozent der Herstellungskosten für ein Maschinenbauprodukt auf IT und Automatisierungstechnik. Das hat die Trendstudie »IT und Automation in den Produkten des Maschinenbau bis 2015« des Verbands Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V. ergeben. Tendenz weiter steigend: Jedes zweite Unternehmen geht davon aus, dass Software, Elektrotechnik & Co zu unverzichtbaren Elementen im Produktbaukasten des deutschen Maschinen- und Anlagenbaus werden.

Diese verschiedenen Ansätze im Bereich iProduction zeigen, dass der Maschinen- und Anlagenbau keine »old economy« ist, sondern durch die fortschreitende Entwicklung der Informations- und Kommunikationstechnik neue Perspektiven für Wertschöpfung in Deutschland gibt. Doch noch steht die iProduction erst am Anfang. Bis die selbstorganisierte, wandelbare, dynamische Fabrik zum Produktionsalltag ist, wird es noch 15 bis 20 Jahre dauern. Aber schon jetzt beginnt nach und nach der Wandel. ■



# Funk-Sensornetzwerk belauscht Maschinen

Große Maschinen zu überprüfen, ist oft Handarbeit. Doch nicht alle kritischen Stellen lassen sich während der kurzen Stillstandzeiten untersuchen. Für eine gründliche und permanente Überwachung bieten sich daher Sensornetzwerke an, die ihre Daten per Funk senden und ohne Batterie auskommen.

Text: Tim Schröder

Die Papiermaschine brummt fast ununterbrochen – 355 Tage im Jahr. Sie verwandelt Altpapier in neue Wellpappe. Stramm gespannt, gleiten die dünnen, noch heißen Papierbahnen über etliche schwere Stahlwalzen. In nur einer Minute rauschen 1000 Meter Papier durch das Maschinenmonster, das eine ganze Werkshalle füllt. Nur selten versiegt der Papierstrom, etwa, wenn die Apparatur gewartet wird. Die Walzen laufen dann im Leerlauf weiter – ohne Papier. Jeder weitere unfreiwillige Halt, ein Lager- oder Getriebebeschaden an den Walzen zum Beispiel, würde den Betreiber teuer zu stehen kommen. Eine Stunde Stillstand kostet 60 000 Meter Papier, das entspricht etwa 5000 Euro. In der Papierfabrik der Firma Hamburger Rieger im brandenburgischen Spremberg achtet man des-

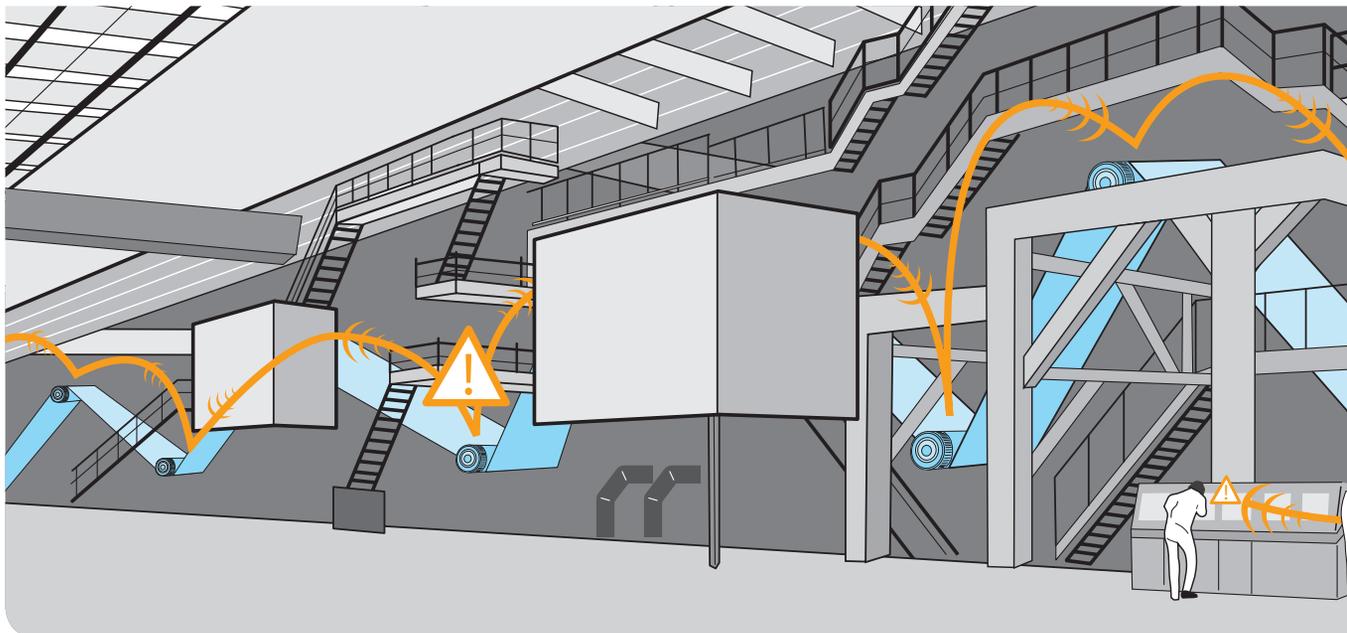
halb sehr genau darauf, die vielen Walzen, Lager und Getriebe regelmäßig zu warten.

Fast 600 Messstellen gibt es in der Anlage. Diese können allerdings nur an den wenigen Wartungstagen überprüft werden. Denn während des Betriebs ist es in der Maschine über 100 Grad heiß. Um die Schwingungen der Lager und Getriebe zu messen, setzen Techniker bei der Wartung Magnetsensoren auf die Stahlteile. Verdächtige Veränderungen dieser Vibrationsmuster verraten Schäden oder Verschleiß. Das Problem: Da es so viele Messstellen gibt, kann man immer nur eine begrenzte Zahl von Punkten überprüfen. So wird jede Stelle im Schnitt lediglich etwa zweimal im Jahr gecheckt. Dem Betreiber war das zu unsicher, weil Schäden so

möglicherweise nicht rechtzeitig zu entdecken sind. Sehr viel besser wäre es, wenn man die Messstellen permanent mit Sensoren überwachen kann, dachten sich die Spremberger. Doch die Installation und Verkabelung eines Netzwerks mit 600 Sensoren sind viel zu aufwändig.

Die Lösung: Die große Industrieanlage wird ganz ohne Kabel mit Sensoren überwacht. Die Daten überträgt man einfach per Funk. Dass dies tatsächlich funktioniert, zeigt das Verbundprojekt ECoMoS – Energieautarkes Condition Monitoring System. Forscher des Berliner Fraunhofer-Instituts für Zuverlässigkeit und Mikrointegration IZM koordinieren das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderte Projekt. In »ECoMoS« haben die Forscher ein

Energieautarke Funksensoren überwachen den Zustand von Maschinen.  
© Fraunhofer IZM



drahtloses Netzwerk von Überwachungssensoren entwickelt, welche die Daten an die Zentrale funken. Die Besonderheit: Das Sensornetzwerk kommt künftig nicht nur ohne Kabel, sondern auch ohne Batterien aus. Die Sensoren versorgen sich selbst mit Energie aus der Umgebung, beispielsweise mit der Abwärme der Maschine.

### Sensoren liefern Tiefendiagnose

Das Verbundprojekt, an dem neben dem IZM und der Papierfabrik sieben weitere Firmen und Hochschulen beteiligt waren (siehe Kasten), hatte dafür einige Hürden zu meistern. Denn die Sensoren müssen robust genug sein, um versehentliche Stöße und vor allem die Hitze in der Maschine zu überstehen. Außerdem sollten sie so energiesparend sein, dass tägliche Messungen möglich sind. Eine weitere Anforderung: Die Sensoren sollen nicht nur eine Grunddiagnose – also eine einfache Schwingungsmessung – liefern, sondern so intelligent sein, dass sie von allein Abweichungen vom Normalzustand erkennen. Sie müssen eine Tiefendiagnose liefern.

»In dem Sensornetzwerk setzen wir sowohl etablierte Technik als auch eigene Entwicklungen ein«, sagt IZM-Projektleiter Dr. Michael Niedermayer. »Eine Hauptarbeit bestand darin, die idealen Komponenten für diesen Einsatzzweck zu finden und miteinander zu verknüpfen.« Das gilt beispielsweise für die Rechenverfahren. Je komplexer die Rechenoperationen auf dem

Chip, desto mehr Energie verbraucht der Sensor. Die Rechenverfahren hatten daher nicht nur intelligent, sondern auch sparsam zu sein. Die Forscher erprobten mehrere Verfahren, bis sie das sparsamste gefunden hatten.

Und auch die Tiefendiagnose ist anspruchsvoll. Zunächst mussten die Forscher den Sensoren die Algorithmen mit charakteristischen Schwingungsmustern defekter Bauteile beibringen. Zum Teil setzten sie dafür eine Rüttelapparatur ein, die die verschiedenen Betriebszustände simulierte. Das Ziel: Der Sensor sollte selbst eine Datenanalyse durchführen und nur das Ergebnis an die Zentrale schicken. Hintergrund: Versenden die Sensoren die umfangreichen Messdaten, würde das sehr viel Energie für den Funkverkehr vergeuden. Und die Datenmengen, die in der Zentrale auflaufen, wären immens.

»Tatsächlich ist es uns gelungen, die Tiefenanalyse im Sensor selbst durchzuführen«, sagt Niedermayer. Die aktuellen Schwingungsdaten, die der Sensor an die Zentrale sendet, werden dabei durch Informationen zur Historie ergänzt, also zur Veränderung des Schwingungsmusters mit der Zeit. Daraus kann der Sensor ablesen, ob es sich um plötzliche Störungen oder um normale Veränderungen handelt, die sich während der Lebenszeit des Bauteils ergeben.

Wie viel Energie dem Sensor zur Verfügung steht, hängt auch davon ab, wie gut das Gerät Energie

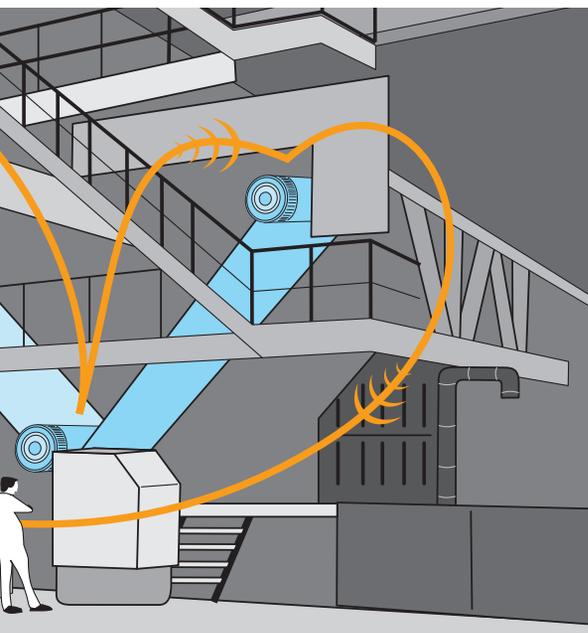
aus der Umgebung »erntet« kann. Die Forscher testeten daher verschiedene etablierte Energiewandler. Einerseits Thermoelemente, die Wärme in elektrische Energie wandeln, andererseits Bauteile, welche die Vibrationen der Maschine nutzen. Herkömmliche Vibrationswandler bestehen heute meist aus einer elektrischen Spule oder aus Piezokeramiken, die mechanische Bewegung in Strom umsetzen. Diese sind allerdings recht teuer. Zudem werden sie wie die Saite einer Gitarre auf eine Grundschiwingung eingestellt, bei der sie optimal Energie ernten. Eine Maschine aber hat durchaus unterschiedliche Schwingungszustände. Ideal wäre also ein Wandler, der bei mehreren Frequenzen Energie erntet. Ein solcher Wandler war bislang aber nicht auf dem Markt.

### Energie für tägliche Messungen

Die Kooperationspartner entwickelten deshalb ein eigenes Gerät, in dem sie mehrere Lagen von Piezokeramiken kombinierten. »Dieser breitbandige Wandler wäre für einen Einsatz in großen Stückzahlen noch zu teuer«, sagt Niedermayer. »Wir arbeiten mit den Kooperationspartnern aber bereits an einer Kommerzialisierung.« Batterien sind keine Alternative: Zu aufwändig wäre es, die Akkus in den vielen Sensoren auszuwechseln.

Doch bewährt sich das neue System auch in der Praxis? Ja, das hat ein erster Test gezeigt. Dazu bauten die Kooperationspartner die ersten Funksensorknoten in einer Papierfabrik auf. Dabei kommen zunächst die preisgünstigeren Wärmewandler zum Einsatz. Die Energie reicht für eine tägliche Messung aus. »Damit haben wir das Ziel einer permanenten Überwachung bereits erreicht«, sagt Olaf Franke, Projektleiter in der Papierfabrik Spremberg. »Wir können Störungen oder Verschleiß jetzt drei Monate vor einem möglichen Maschinenschaden erkennen.«

Die erste Testphase ist bereits abgeschlossen. Jetzt arbeiten die Forscher gemeinsam daran, das Sensornetzwerk in den Alltagsbetrieb zu integrieren. Vorerst werden Sensoren nur an den wichtigsten Stellen eingesetzt. Im Laufe der Zeit soll das Netzwerk dann weiter wachsen und um optimierte oder preisgünstigere Sensoren erweitert werden. Dabei wird sich einmal mehr auszahlen, dass die Forscher auf Kabel verzichtet haben: Neue Funksensoren lassen sich wie ein WLAN-Gerät spielend leicht in das bestehende Netz einbinden. Früher hätte man Strippen ziehen müssen. ■



### Verbundprojekt ECoMoS

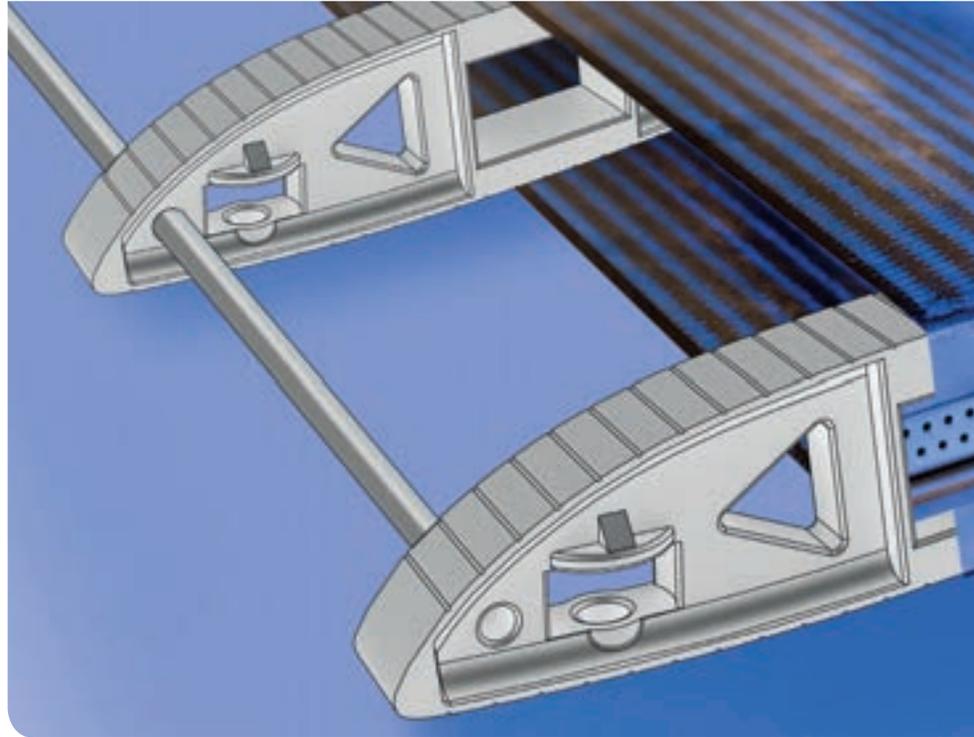
Im Forschungsvorhaben »Energieautarkes Condition Monitoring System – ECoMoS« wird mit Unterstützung durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) ein drahtloses Funk-Sensornetzwerk für die Überwachung großer Maschinen entwickelt. Forscher des Fraunhofer-Instituts für Zuverlässigkeit und Mikrointegration IZM in Berlin koordinieren das Projekt. An der Entwicklung der Funksensorknoten sind außerdem beteiligt:

- IMC-Messsysteme
- Elbau, Gesellschaft für Maschinendiagnose
- Convertteam
- Baumer-Hübner
- Enocan
- Technische Universität Berlin

# Produkte aus dem Drucker

Licht ist ein mächtiges Werkzeug. Mit dem Laser lassen sich nicht nur Werkstücke gezielt bearbeiten, sondern auch Produkte aus Pulver fertigen.

Text: Klaus Jacob



Ein Laserdrucker kostete in den 1970er Jahren mehr als eine Luxuslimousine, inzwischen steht er für wenige hundert Euro in den Regalen der Elektroläden. Mit dem Preisverfall ist jedoch die Erfolgsgeschichte dieser Technologie noch längst nicht zu Ende. Denn der energiereiche Lichtstrahl kann viel mehr, als nur farbige Buchstaben aufs Papier bringen. Inzwischen hat er die Ebene verlassen und erobert den Raum: Er druckt dreidimensional. Mit seiner Hilfe lassen sich Bauteile aus beliebigen Materialien herstellen und bearbeiten. Ein künstliches Hüftgelenk aus Titan? Eine Turbinenschaufel aus einer Nickel-Basislegierung? Ein filigranes Schmuckstück aus Silber? Kein Problem – der 3D-Drucker baut die Teile Schicht für Schicht auf, ohne Risse und ohne Poren.

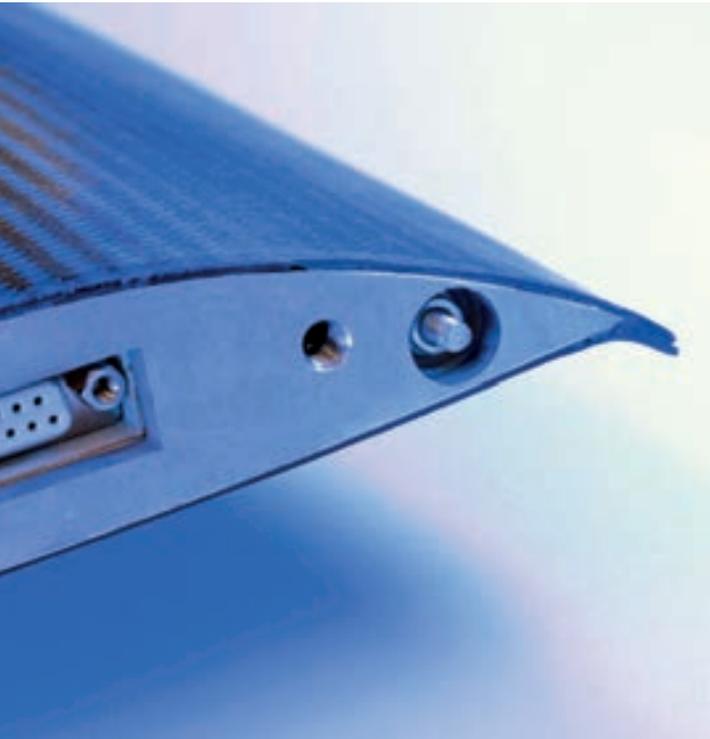
## Strahlquellen werden leistungsstärker und preisgünstiger

Noch ist die »Digital Photonic Production« relativ teuer, ähnlich wie das herkömmliche Laserdrucken vor drei Jahrzehnten. Doch das ändert sich gerade. »Es tut sich etwas Entscheidendes«, sagt Christian Hinke, der beim Aachener Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT die Gruppe »Integrative Produktion« leitet. Die Strahlquellen werden ständig billiger und leistungsstärker, auch, weil der Festkörperlaser den Gaslaser ersetzt hat. Gleichzeitig gelingt es, den Laserstrahl immer schneller zu führen. So sinken die Kosten für den 3D-Druck rapide – und die Laserproduktion wird für viele Anwendungen interessant.

Das hat erhebliche Auswirkungen auf die Fabrikation von morgen. Manche Experten sprechen bereits von einer neuen industriellen Revolution. Denn der Laser beseitigt einige Hürden, die bisher als unüberwindlich galten. So hieß ein ehernes Gesetz, dass eine geringe Stückzahl unweigerlich den Preis in die Höhe treibt, weil jeweils neue Werkzeuge nötig sind. Für den 3D-Drucker ist es aber gleichgültig, ob er 10, 100 oder 10 000 Exemplare herstellt. Unikat oder Serie – er braucht lediglich die CAD-Daten, die ohnehin vorhanden sind. Auch die Geometrie der Bauteile spielt keine Rolle mehr. Hochkomplizierte Formen, die bisher nur aufwändig und teuer herzustellen waren, schafft der Drucker in derselben Zeit wie simple. Sogar Geometrien, an denen herkömmliche Werkzeuge scheiterten, sind kein Problem mehr. Und er kann sofort loslegen. Dauerte die Produktionsvorbereitung eines Bauteils mit den bisher üblichen Verfahren Wochen oder Monate, so genügt nun ein Tag.

Wissenschaftler des ILT haben unter anderem maßgeblich an der Entwicklung des »Selektiven Laserschmelzens« (englisch: Selective Laser Melting SLM) mitgewirkt. Bei diesem generativen Fertigungsverfahren wird der pulverförmige Werkstoff mit einem Laser lokal vollständig umgeschmolzen und bildet nach der Erstarrung eine feste Materialschicht. Diese Technologie wird etwa in 3D-Drucker für Metalle eingesetzt.

In der großen Werkshalle des Instituts kann man einen solchen 3D-Drucker bei der Arbeit beobachten: Ein Schieb-



Selektives Laserschmelzen bei der Herstellung von Flugzeugtriebwerken (Bild links). © Fraunhofer IFF

Mit Selective Laser Melting hergestellter metallischer Zahnersatz (Bild rechts). © Fraunhofer ILT

ber verteilt zunächst eine Lage Metallpulver, nur wenige Mikrometer dünn, gleichmäßig auf der Arbeitsfläche von etwa 25 auf 25 Zentimetern. Der Laserstrahl, mit den CAD-Daten des gewünschten Bauteils gefüttert, flitzt darüber und verschweißt die Partikel an allen Stellen, die verbleiben sollen. Der Vorgang wiederholt sich Schicht für Schicht, bis das Bauteil herangewachsen ist. Für die Entwicklung der generativen Fertigung metallischer Bauteile zu einem Verfahren für die industrielle Produktion hat das ILT Team den Innovationspreis des Landes Nordrhein-Westfalen erhalten.

### Silber, Titan, Edelstahl – der 3D-Drucker kann viele Materialien verarbeiten

In Vitrinen kann man sehen, was sich damit herstellen lässt. Zum Beispiel metallischer Zahnersatz. Oder ein Knochenimplantat, das ein fehlendes Stück der Schädeldecke ersetzen soll und mit seiner porösen Struktur an einen Schwamm erinnert. Es besteht aus einem bioresorbierbaren Polymer sowie einer speziellen Keramik. Die Knochenzellen wachsen später in die Hohlräume hinein und lösen das Implantat langsam auf, indem sie es als Nahrung nutzen. Ein solches passgenaues filigranes Gewebe lässt sich mit herkömmlichen Verfahren kaum herstellen. Außerdem ist keine Folge-OP zur Entnahme des Implantats mehr nötig.

Der 3D-Drucker kann viele Materialien verarbeiten, vor allem Metalle wie Aluminium, Titan, Edelstahl, Nickel oder Silber. Er

kommt sogar mit Keramik zurecht, wobei allerdings seine Arbeitskammer auf sehr hohe Temperaturen aufgeheizt werden muss. Welche Aufgaben der 3D-Drucker künftig übernehmen kann, lässt sich derzeit noch gar nicht in all seiner Fülle abschätzen. Schon heute druckt der Autobauer BMW viele Metallteile seiner Prototypenfahrzeuge einfach aus. Auch manche Schmuckstücke kommen aus dem Drucker. Bald kann ein solches Gerät ein ganzes Ersatzteillager ersetzen. Ein Unternehmen, das zum Beispiel Pneumatikanlagen herstellt und die Lieferung sämtlicher Ersatzteile für zwanzig Jahre garantiert, muss derzeit rund 100 000 verschiedene Komponenten vorhalten. Künftig würden die CAD-Daten genügen – der Laser macht aus den Bits im Nu handfeste Bauteile.

An der generativen Fertigung arbeiten verschiedene Fraunhofer-Institute. Sie haben sich in der Allianz »Generativer Fertigung« zusammengeschlossen. Die Forscher entwickeln neue Werkstoffe, Herstellungsverfahren, Produktionsdesigns und Simulationen für das schnelle Fertigen.

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

Doch nicht für alle Aufgaben eignen sich generative Verfahren. So ist die Größe der Bauteile durch die Abmessungen der Baukammer limitiert. Selbst künftige 3D-Drucker, die bereits in Planung sind, können maximal einen Meter große Teile herstellen. Für noch größere Formen gibt es ein anderes Procedere: das »Laserauftragschweißen«. Dabei

wird ein Metallpulver über eine oder mehrere Düsen auf das Grundmaterial fokussiert und mit einem Laserstrahl an der Oberfläche aufgeschmolzen. Es wird somit schichtweise aufgetragen. Montiert man die Düsenapparatur an einen Roboterarm, sind dem Aktionsradius keine Grenzen gesetzt. Der Flugzeughersteller Boeing denkt sogar daran, in ferner Zukunft ganze Tragflächen mit diesem Prozess aufzubauen. Schon heute spielt Laserauftragschweißen bei der Reparatur von Flugzeugen eine Rolle. Dabei geht es vor allem um Teile der Triebwerke. Wenn sie durch die schmirgelnde Wirkung von Sand und Schmutz aus der Luft verschlissen sind, ist eine Reparatur billiger als der Ersatz. Das gelingt mit dem Laser sehr präzise. Das ILT hat für die Firma Rolls-Royce ein spezielles Laserauftragschweiß-Verfahren entwickelt und qualifiziert, um verschiedene Komponenten eines Triebwerks mit dem innovativen Verfahren aufbereiten zu können.

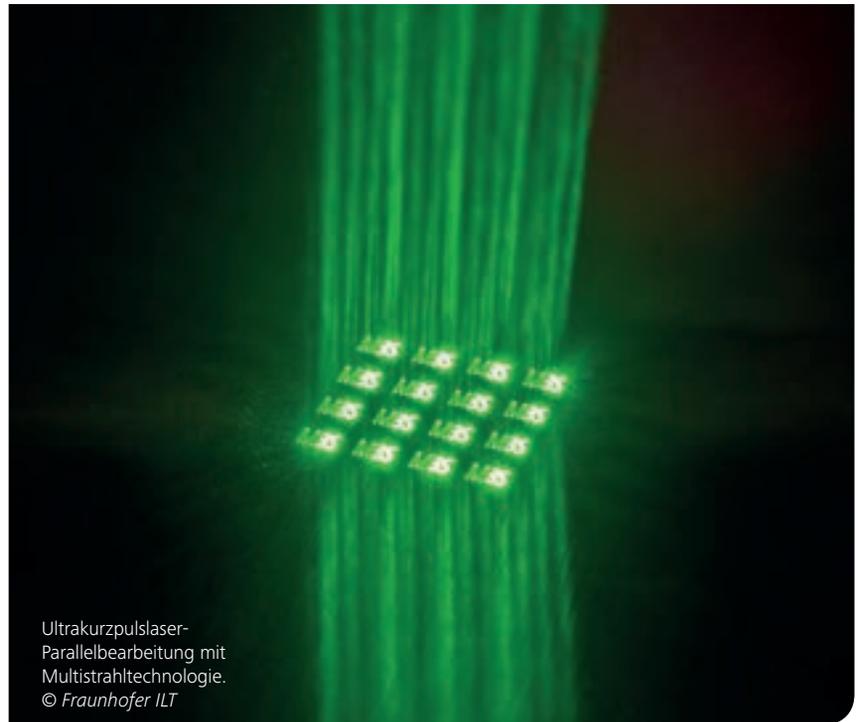
Der Laser vermag aber nicht nur aufzubauen, sondern auch abzutragen. Dazu feuert er in einem schier unglaublichen Stakkato ultrakurze Lichtpulse auf das zu bearbeitende Werkstück und verdampft dabei jeweils winzige Partikel. Ein Puls dauert nur Femtosekunden, das Licht legt in dieser Zeit gerade den Bruchteil eines Millimeters zurück.

Im Aachener Institut wurden bereits mehrere Millionen Pulse pro Sekunde mit Pulsleistungen in der Größenordnung eines Kraftwerks erzielt – Weltrekord. Der Vorteil des Trommelfeuers: Das Werkstück heizt sich dabei kaum auf, man spricht deshalb von »kalter Bearbeitung«. Sogar einen Streichholzkopf kann man sich auf diese Art zurechtschnitzen, er würde nicht Feuer fangen. Mit dem Femtosekundenlaser lassen sich feinste Strukturen erzeugen. Die Auflösung liegt bei circa 100 Nanometern, das entspricht etwa der Größe eines Virus. Jeder Werkstoff lässt sich damit bearbeiten, ob Glas, Hartmetall oder Kunststoff.

### Viele unterschiedliche Einsatzmöglichkeiten

Eine Fülle von Anwendungen ist damit denkbar: Dünne metallische Bauteile, die nicht heiß werden dürfen, weil sie sich sonst verziehen würden, sind wie geschaffen für den Femtosekundenlaser. Zahnärzte können damit Karies schonend entfernen. Aber auch bei der Herstellung von Wafern oder Wasserfiltern, wo es auf feine Strukturen ankommt, ist er eine gute Wahl. Zudem lassen sich mit ihm Faserverbundwerkstoffe hervorragend bearbeiten.

Herkömmliche Verfahren haben hier Probleme, weil sich die harten Fasern und das weiche Füllmaterial sehr unterschiedlich verhalten. Der Laser macht keinen Unterschied. Er kann sogar das gehärtete Displayglas moderner Smartphones schneiden. Bislang muss es noch in mühsamer Handarbeit bearbeitet werden. Ein weiteres großes Anwendungsgebiet



Ultrakurzpulslaser-  
Parallelbearbeitung mit  
Multistrahls-technologie.  
© Fraunhofer ILT

des Femtosekundenlasers ist die Oberflächenbearbeitung. So lässt sich zum Beispiel durch gezieltes Strukturieren die Reibung zwischen Zylinder und Kolbenring im Motor vermindern.

In Zukunft ist sogar die Bearbeitung großer Flächen denkbar. Die Flügel von Windrotoren könnten beispielsweise so behandelt werden, dass sich weder Eis noch Mückendreck daran festsetzt. Um solche Aufgaben bewältigen zu können, muss der Laserstrahl sehr schnell geführt werden. Die Fraunhofer-Experten arbeiten an zwei Verfahren, die das Tempo erhöhen: Zum einen macht ein schnell rotierendes Facettenrad dem Laserstrahl Beine. Und »wir haben eine Optik entwickelt, die den Strahl in 150 Teilstrahlen aufteilt«, sagt ILT-Gruppenleiter Jens Holtkamp. Das steigert die Bearbeitungsgeschwindigkeit schlagartig um den Faktor 150.

Damit man die Möglichkeiten des Lasers in der Fertigung noch besser ausloten kann, entsteht in der Nähe des Instituts in Aachen bald der neue Forschungscampus Digital Photonic Production, den das Bundesforschungsministerium (BMBF) unterstützt. Darin wird das ILT mit namhaften Firmen zusammenarbeiten – von BMW bis Siemens. Die Experten vom ILT sind davon überzeugt, dass der Laser die Produktionsabläufe in den Fabriken revolutionieren wird. Denn Licht ist ein ideales Werkzeug: schnell und unmittelbar. Es macht aus den digitalen CAD-Daten ohne weitere Werkzeuge im Nu fertige Bauteile. »From Bits to Photons to Atoms«, wie es Prof. Reinhart Poprawe, der Leiter des ILT, formuliert. ■

# Kontrolle per Fingerzeig

Für Produktionsbetriebe ist die Qualitätssicherung unerlässlich. Eine effiziente Art der Kontrolle haben Forscher entwickelt: Durch eine Zeigegeste können Mitarbeiter in Karosserieteilen entdeckte Fehler ins Prüfsystem eingeben und dokumentieren.

Text: Britta Widmann



Ein Fingerzeig des Qualitätsprüfers genügt, um Fehler im Lack an das Prüfsystem weiterzuleiten. © Fraunhofer IOSB

Akribisch nimmt der Qualitätsprüfer den Stoßfänger unter die Lupe und untersucht ihn auf Lackschäden – schließlich dürfen nur einwandfreie Karosserieteile in die Endmontage gelangen. Findet er einen Fehler im Lack, genügt ein Fingerzeig, um den Mangel an das Prüfsystem weiterzuleiten, zu speichern und zu dokumentieren. Visuelles Feedback erhält der Mitarbeiter über einen Monitor, der eine 3D-Rekonstruktion des Stoßfängers anzeigt. Forscher des Fraunhofer-Instituts für Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung IOSB in Karlsruhe haben die intelligente Gestensteuerung im Auftrag der BMW Group entwickelt. Künftig soll sie aktuelle, zeitaufwändige Prüfverfahren ablösen.

»Bislang muss sich der Prüfer alle aufgespürten Fehler merken, seinen Arbeitsplatz verlassen, zum PC-Terminal gehen, mehrere Eingabemasken bedienen und dann die Position der Fehler sowie die Fehlerart festhalten. Das ist umständlich, zeitintensiv und fehleranfällig«, sagt Alexander Schick, Wissenschaftler am IOSB. Die Gestensteuerung hingegen verbessert die Arbeitsbedingungen des Prüfers entscheidend und spart Zeit – der Mitarbeiter kann am Arbeitsplatz stehen bleiben und direkt mit dem Untersuchungsobjekt interagieren. »Ist der Stoßfänger in Ordnung, wischt er von links nach rechts über ihn. Im Schadensfall zeigt er auf die Position des Fehlers«, so Schick.

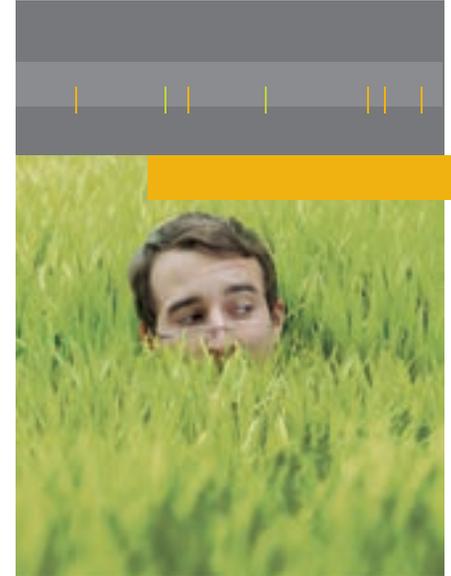
Basis für die berührungslose Gestenerkennung sind 3D-Daten. Der komplette Arbeitsplatz muss daher zuvor in 3D rekonstruiert werden. Das umfasst sowohl den Menschen, als auch das Objekt, mit dem er sich beschäftigt. »Wie sieht die Person aus, wo befindet sie sich, wie bewegt sie sich, was tut sie, wo ist das Objekt

– all diese Informationen sind erforderlich, um die Zeigegesten korrekt mit dem Stoßfänger verknüpfen zu können«, erläutert der Forscher. Um die Gestensteuerung zu ermöglichen, setzen die Experten ein 3D-Körpertracking ein, das die Körperhaltung der Person in Echtzeit erfasst. Auch das Karosseriebauteil wird »getrackt«.

Die Anforderungen an die Hardware sind dabei gering: Ein Standard-PC sowie zwei Microsoft Kinect-Systeme – bestehend aus Kamera und 3D-Sensoren – genügen, um die Rekonstruktion zu realisieren. Die entsprechenden Algorithmen, welche mehrere 2D- und 3D-Bilder fusionieren, haben Schick und sein Team speziell für diesen Anwendungsfall entwickelt und auf die Anforderungen der BMW Group angepasst. »Keimzelle für diese Technik ist unser Smart Control Room, in dem Personen ganz natürlich mit dem Raum interagieren. Sie können mit Zeigegesten entfernte Displays ohne Zusatzgeräte bedienen. Der Raum erkennt, welche Handlungen gerade stattfinden und bietet dazu die passenden Informationen und Werkzeuge an. Da die Gestenerkennung unabhängig von den Displays ist, sind wir in der Lage, Anwendungen umzusetzen, die keine Monitore verwenden, wie hier die Gesteninteraktion mit echten Gegenständen«, führt Schick aus. »Dabei spielt es keine Rolle, um welche Art von Objekt es sich handelt. Anstelle des Stoßfängers ließe sich auch ein anderes Bauteil tracken.«

Die Technologie lässt sich nachträglich mit geringem Aufwand in bestehende Produktsysteme integrieren. Über ein spezielles Interface-Modul konnten die Wissenschaftler ihr effektives Verfahren in das System der BMW Group einbinden. ■

**chem2biz**  
Turning Your Ideas Into Business



## Start-up?

Wir helfen Ihnen bei Ihrem Unternehmensstart in der Chemiebranche durch:

- **maßgeschneiderte Beratungspakete:** Gründungs- und Wachstumsberatung
- **Räumlichkeiten:** Labor, Technikum, Lager, Büro
- **Technische Serviceleistungen:** Analytik, Beratung (z.B. Scale-up), Contract Manufacturing
- **Office Services**
- **Networking**

[www.chem2biz.de](http://www.chem2biz.de)

Kontakt chem2biz  
fon: +49 621 5953-0, mail: info@chem2biz.de

Eine gemeinsame Initiative der TZL - TechnologieZentrum Ludwigshafen am Rhein GmbH und BASF SE



TZL - TechnologieZentrum  
Ludwigshafen am Rhein



# Virtuelles Kraftwerk

Der Zusammenschluss vieler kleinerer Stromerzeuger kann weitaus mehr sein als die Summe der Einzelanlagen. Das hat das Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik IWES in Kassel mit einem virtuellen Kraftwerk gezeigt. Es erhöht die Verfügbarkeit der Energie, verdient Geld und macht die Versorgung sicherer.

Text: Brigitte Röthlein

Das Herzstück der Regenerativen Modellregion Harz ist das virtuelle Kombikraftwerk. Es verknüpft verschiedene erneuerbare Energieerzeuger, steuerbare Verbrauchsgüter und Energiespeicher in der Region miteinander.  
© RegenerativKraftwerke Harz GmbH

Der Harz liegt mitten in Deutschland und ist bekannt für seine Naturschönheiten, seine bewaldeten Hügel und kleinen Seen. Es ist eine kleinteilige Gegend, ohne große zentrale Städte, und entsprechend gestaltet sich dort auch die Versorgung mit regenerativen Energien – viele kleine und mittlere Erzeuger: Windparks, Photovoltaikanlagen, landwirtschaftliche Betriebe mit Biogasreaktoren und ein Pumpspeicherwerk.

Jeder einzelne Produzent kann seinen Strom ins Netz einspeisen, aber er hat für sich allein genommen keine große Bedeutung. Das IWES hat jedoch zusammen mit dem Siemens-Konzern in der E-Energy-Initiative des Bundes eine Softwareplattform entwickelt, mit der nach dem Motto »gemeinsam sind wir stark« viele kleinere Erzeuger zusammen als »virtuelles Kraftwerk« agieren können.

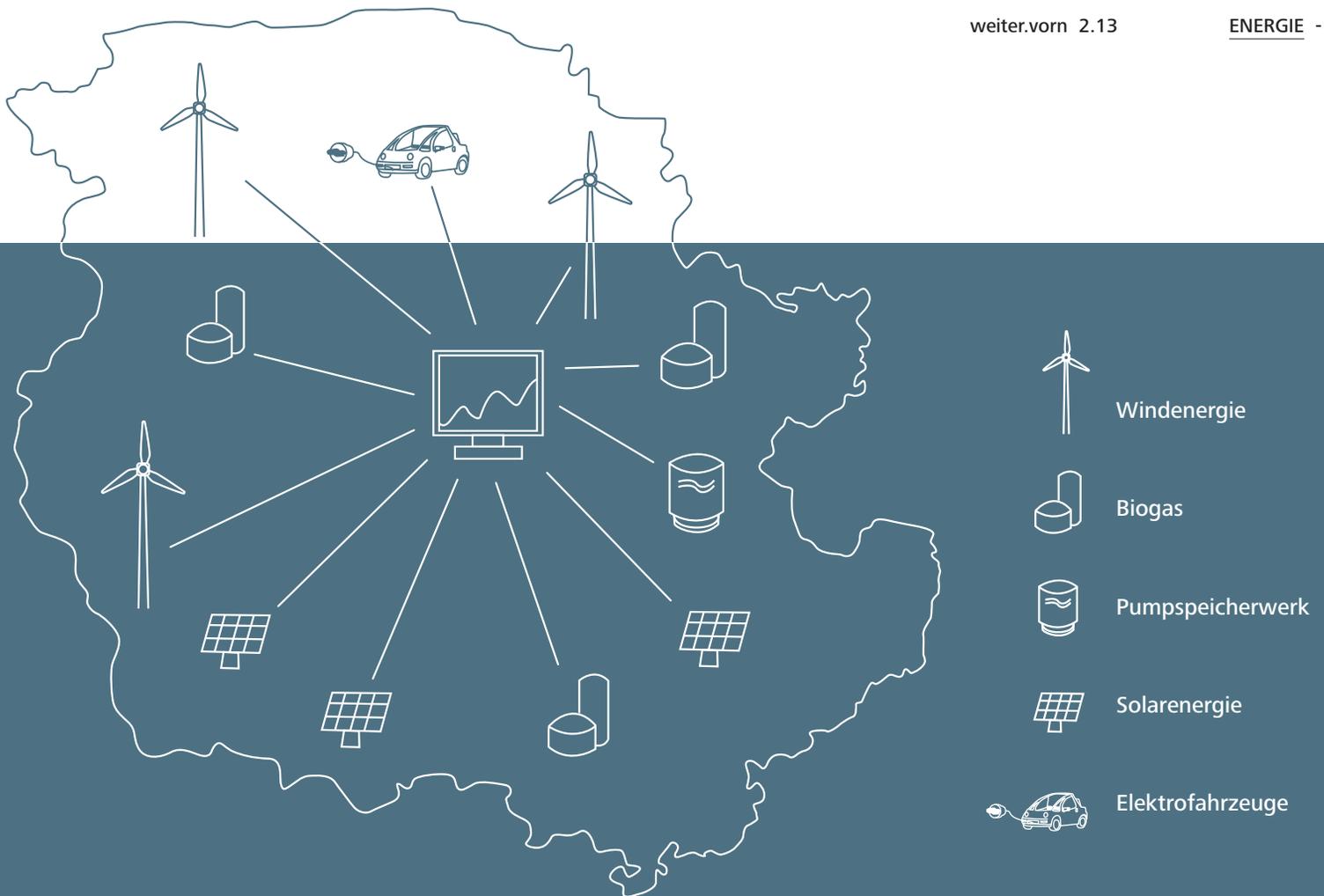
## 25 Anlagen mit einer Leistung von 120 Megawatt

Seit Januar 2011 erproben die Forscher in der Regenerativen Modellregion Harz (RegModHarz) ein solches Kraftwerk – mit sehr guten Ergebnissen. Sie haben 25 Anlagen mit einer Nennleis-

tung von 120 Megawatt über das Internet und als simulierte Speicher ein Pumpspeicherkraftwerk und Elektrofahrzeuge zusammengeschaltet. Die zentrale Steuerung sorgte dafür, dass die Nachteile der erneuerbaren Energien gemildert wurden. Denn die Sonne scheint nicht immer, und auch der Wind weht nicht kontinuierlich. Wenn aber viele kleinere Erzeuger zusammenarbeiten, kann man regionale Unterschiede bei Wind und Sonne ausgleichen oder Biogasanlagen hochfahren, sobald mehr Strom benötigt wird. Umgekehrt lässt sich überschüssiger Strom speichern oder in Wärme umwandeln. Es entsteht ein leistungsfähiges Netzwerk, das dezentral organisiert ist, aber nach außen hin – etwa an Strombörsen – als größere Gesamtheit auftreten kann. »Jede Energiequelle – sei es Wind, Sonne oder Biogas – hat ihre Stärken und Schwächen. Wenn wir die unterschiedlichen Charaktere der regenerativen Energien geschickt kombinieren, können wir die Stromversorgung in Deutschland sicherstellen«, prognostiziert Dr. Kurt Rohrig, stellvertretender Insitutsleiter des IWES. Das virtuelle Kraftwerk von RegModHarz hat seit April des vergangenen Jahres 46 Gigawattstunden Strom erzeugt und abgerechnet.

Der Strompreis richtet sich nach Angebot und Nachfrage – man kann an den großen Strombörsen jeweils ein Angebot für den nächsten Tag einreichen. Damit sie das Stromaufkommen möglichst genau abschätzen können, nutzen die Forscher die Wettervorhersagen des Deutschen Wetterdiensts und errechnen daraus die zu erwartende Strommenge. Um den Bedarf der eigenen Region zu beziffern, haben die Wissenschaftler im Harz 43 Haushalte mit intelligenten Zählern ausgestattet und in den Versuch mit einbezogen. »Es wäre auch denkbar, dass große Stromabnehmer, etwa eine Papierfabrik, ihren Verbrauch der erzeugten Strommenge anpassen«, sagt Dr. Reinhard Mackensen, der am IWES die Abteilung Energieinformatik und Informationssysteme leitet. »Oder wir setzen in einem Fernwärmenetz Heizpatronen ein, die den Überschussstrom verbrauchen und in Wärme umwandeln.«

Das virtuelle Kraftwerk ist somit in der Lage, Mess- und Zählerdaten in Echtzeit zu erfassen, anhand von Erzeugungs- und Lastprognosen Fahrpläne für die Energieversorgung automatisch zu erstellen und mit dem Strom an Energiemärkten wie EPEX SPOT zu handeln. »So können



wir die für die erneuerbaren Energien typischen Schwankungen in der Erzeugung ausgleichen, Versorgungssicherheit schaffen und den Strom zeitnah und flexibel vermarkten«, sagt Projektleiter Florian Schlögl. Damit geht das virtuelle Kraftwerk weit über das bisher übliche Lastmanagement der Energieversorger hinaus. »Unser Ziel ist es, mit einem solchen System Gewinne zu erwirtschaften«, betont Mackensen. »Das virtuelle Kraftwerk ist perfekt integriert in die Erzeugungs- wie in die Verbrauchsstrukturen, agiert deshalb besonders flexibel und optimiert die Gewinne.«

Die Schaltzentrale des virtuellen Kraftwerks ist die Leitwarte, ein Steuerungssystem mit grafischer Benutzeroberfläche, die den Backend-Server der Anlage mit dem Bediener verbindet. Alle wichtigen Informationen, wie die Leistung der Energieerzeuger, der Speicherstand, Wind- und Solarleistungsprognosen oder der aktuelle Kurs an der Strombörse, laufen hier zur Analyse und Weiterverarbeitung zusammen und werden auf vier Bildschirmen sichtbar gemacht. So zeigt die Vermarktungsansicht die verkauften Energiemengen und die Gebote der Strombörse, die Meldungsansicht alle aktuellen und zurück

liegenden Ereignisse im virtuellen Kraftwerk und die Topologieansicht technische Daten sowie Fahrpläne.

Die Leitwarte übernimmt zwei Rollen gleichzeitig: Als »Energieanlagenmanager« verwaltet und überwacht sie die im virtuellen Kraftwerk zusammengeführten Anlagen. Und als »Poolkoordinator« vermarktet sie gleichzeitig die erzeugte Energie. Tauchen Fehler im Betrieb des normalerweise autonomen Kraftwerks auf oder werden besondere Interaktionen notwendig, gibt sie dem Bediener Orientierungs- und Entscheidungshilfen. »Damit bieten wir unseren Kunden ein umfassendes Maßnahmenpaket an«, sagt Reinhard Mackensen. »Wir ermitteln ganz individuell, welche Erzeuger in Frage kommen und rechnen das Gesamtsystem erst einmal durch. Wenn es gewünscht wird, bauen wir das virtuelle Kraftwerk auf und übergeben es betriebsfertig. Das Ganze dauert oft nur einige Wochen.« Besonders Stadtwerke sind an dem IWES-Know-how interessiert, denn bei ihnen findet man meist ideale Bedingungen bezüglich Größe und Vielfalt der Erzeuger und Verbraucher vor. Gerade Kommunalpolitiker haben hohe Erwartungen an derartige Systeme.

Dass zeigen Äußerungen von Bürgermeistern und Stadträten der StadtwerkeUnion Nordhessen SUN, die vor allem Wert darauf legen, dass die Gewinne aus der Erzeugung regenerativer Energien in der Region selbst verbleiben und nicht an Großkonzerne abgeführt werden müssen. Zu diesem Zweck wären virtuelle Kraftwerke ideal.

Auch das IWES ist mit den Ergebnissen des Versuchs zufrieden: »Wir haben den technischen Beweis erbracht, dass ein regeneratives Kombikraftwerk mit erneuerbaren Energien und sein Leitstand im Alltag funktionieren und dass sich diese Technologie als Motor der Energiewende herauskristallisiert«, stellt Kurt Rohrig fest. »Unsere Feldversuche haben einmal mehr gezeigt, dass die Energiewende an Ort und Stelle umgesetzt werden muss.« Was die Produktion und Verteilung angeht, seien die erneuerbaren Energien schon weit ausgereift. »Jetzt müssen wir Wege finden, um sie unabhängig vom Erneuerbare-Energien-Gesetz in den Markt zu bringen.« ■



[www.fraunhofer.de/audio](http://www.fraunhofer.de/audio)  
online ab 29.04.2013



# Ein Traumhaus für Seoul

Das »Energy Dream Center« in Seoul ist das erste Nullenergiegebäude in Südkorea. Forscher des Fraunhofer ISE in Freiburg entwickelten im Auftrag der Stadt Seoul dieses energieeffiziente Demonstrationsgebäude.

Text: Monika Offenberger

Mit dem »Energy Dream Center« realisiert die Stadtregierung Seoul ein Zentrum für Erneuerbare Energie.  
© Parsons Brinckerhoff Korea



Wie funktioniert ein Nullenergiehaus? Und wie kann man es in einem Land wie Südkorea bauen, wo die Winter ähnlich kalt sind wie in Europa und die Sommer extrem heiß und schwül? Antwort auf beide Fragen gibt das »Energy Dream Center« in Seoul. Der spektakuläre Bau kann, übers Jahr gemittelt, seinen gesamten Energiebedarf selbst decken. Das Schaugebäude wurde im Auftrag der Stadtregierung in einem Park inmitten der 10-Millionen-Metropole errichtet und Mitte Dezember 2012 eröffnet. Auf seinen drei Etagen können sich Besucher durch Ausstellungen und Vorträge darüber informieren, worauf es beim Bau eines Nullenergiehauses ankommt und wie sie selbst im Alltag Energie sparen können. Das Konzept für das Demonstrationsgebäude stammt von einem Team aus deutschen und koreanischen Wissenschaftlern, Ingenieuren und Architekten unter der Leitung des Fraunhofer-Instituts für Solare Energiesysteme ISE in Freiburg.

Den Auftrag für dieses innovative Projekt erhielt der Leiter des ISE, Prof. Dr. Eicke Weber, im Mai 2008 direkt vom damaligen Oberbürgermeister von Seoul Oh Se-hoon. Die Wahl fiel nicht von ungefähr auf das ISE: Das Institut ist bekannt für seine Erfahrung bei der Planung energieeffizienter Gebäude. »Wir haben schon vor 15 Jahren für das Wirtschaftsministerium zusammen mit Projektpartnern eine Querschnittsanalyse von zwei Dutzend ausgewählten Bauprojekten in Deutschland gemacht, die strenge energetische Vorgaben erfüllen mussten«, betont ISE-Ingenieur Dr. Jan Wienold, der das Energiekonzept für das Energy Dream Center mitentwickelt hat. »Entscheidend ist nicht, was für technische Anlagen im Gebäude verwendet werden. Es kommt in erster Linie darauf an, den Bedarf an Energie so niedrig wie möglich zu halten. Erst wenn da alles ausgereizt ist, überlegen wir uns, mit welchen Technologien wir den restlichen Energiebedarf decken können«, erklärt Wienold den Ansatz der Forscher.

#### 45-Grad-Drehung der Außenhülle plus optimale Verteilung der Fensterflächen

Energiesparen fängt schon bei der Form eines Gebäudes an. Das Konzept des vom ISE beauftragten Berliner Architekten Thomas Winkelbauer sieht einen in sich verdrehten quadratischen Baukörper vor, der von einem Flachdach abgeschlossen wird. »Wir haben den ursprünglichen Entwurf dahin gehend abgewandelt, dass sich die Fassadenflächen bei starker Sonneneinstrahlung selbstständig beschatten und daher weniger stark gekühlt werden müssen«, erklärt Arnulf Dinkel, Wienolds Kollege am ISE und selbst Architekt. Gelungen sei dies durch eine 45-Grad-Drehung der ganzen Außenhülle, die sich folglich nach oben konisch ausweitet, so Dinkel: »Dadurch sind vier große überhängende Schrägfassaden entstanden. Die darunter positionierten Fensterflächen verschatten sich im Sommer selbst, und die dahinter liegenden Räume lassen sich tagsüber natürlich belichten.« Das spart Strom für Kunstlicht – ebenso wie der quadratische Innenhof in der Gebäudemitte, der die nach innen gerichteten Fenster mit Tageslicht versorgt. Wo eine künstliche Beleuchtung unumgänglich ist, sorgen Lichtsensoren für den effizienten Einsatz energiesparender LEDs.

Um den Komfortansprüchen seiner Nutzer gerecht zu werden, muss ein Gebäude nicht nur ausreichend belichtet,





Das Center dient als Ausstellungs- und Informationszentrum rund um das Thema erneuerbare Energien.  
© Fraunhofer ISE

sondern auch angemessen gekühlt, beheizt und belüftet werden. Eine entscheidende Rolle spielt auch hier das architektonische Konzept: »Das kompakte Gebäudevolumen mit einer optimalen Verteilung von Fenster- und Wandflächen aus den entsprechenden Materialien garantiert einen hohen Dämmstandard«, erklärt Arnulf Dinkel. Die Gebäudehülle ist besonders wichtig: Sie muss gegen Kälte und Wärme isolieren und zugleich die Anforderungen der Bauphysik wie Luft- und Wasserdichtigkeit, Feuchtigkeitstransport und Niederschlagsableitung erfüllen.

In Deutschland wird der Bau von Passiv- und Nullenergiehäusern seit langem praktiziert und vom Gesetzgeber gefördert, so dass die Bauindustrie auf bewährte Materialien und Techniken zurückgreifen kann. Nicht in Seoul: »Unsere koreanischen Partner hatten keinerlei Erfahrung damit, wie man die einzelnen Schichten der Außenhülle optimal aufbaut. Wir mussten viele bauphysikalische Berechnungen mit ihnen durchsprechen, um das grundlegende Prinzip verständlich zu machen«, sagt Gert Hintennach vom Freiburger Ingenieur-Büro »solares bauen«. Das Unternehmen war von Anfang an im Planungsteam des ISE eingebunden und hat das Konzept für die Gebäudetechnik mitentwickelt und schließlich dessen Umsetzung vor Ort betreut. Denn das Energy Dream Center sollte, so lautete der Auftrag aus Seoul, weitestgehend von einheimischen Baufirmen erstellt werden. Deren Koordination übernahm das koreanische Planungsbüro der Consulting-Firma Parsons Brinckerhoff. Die energetisch relevanten Bauprozesse im Detail zu überwachen, war jedoch Aufgabe von Gert Hintennach, der dazu seit Ende 2011 insgesamt fünf Mal für jeweils ein bis zwei Wochen in die Metropole gereist ist.

Die größte Herausforderung bestand darin, den koreanischen Technikern und Ingenieuren das ganzheitliche Konzept eines Nullenergiegebäudes zu vermitteln, das auf ein optimales Zusammenspiel aller Bauteile und technischen Elemente abzielt. Dazu haben Gert Hintennach und das ISE-Team zunächst sämtliche elektrische Komponenten – Computer-Netzwerke sowie Beleuchtungs-, Brandmelde- und Türschließenanlagen – hinterfragt, um deren Stromverbrauch zu minimieren. »Anfangs hatte jedes dieser Systeme einen eigenen Rechner mit eigener Stromversorgung. Das hat sich natürlich zu einem immensen Strombedarf addiert, der den gesamten übrigen Aufwand fürs Heizen, Kühlen und Beleuchten des Gebäudes übertraf«, erinnert sich Jan Wienold. Also drang das Fraunhofer-Team darauf, möglichst viele IT-Geräte mit nur einem Rechner anzusteuern und energiesparende Regler einzubauen. So ließ sich der Strombedarf stark reduzieren. »Bei unseren Partnern hat das für einen großen Aha-Effekt gesorgt. Denn es liegt ja auf der Hand, dass man für jede eingesparte Kilowattstunde weniger Photovoltaikmodule bereitstellen muss«, so Wienold. Der verbleibende Bedarf an elektrischer Energie von etwa 280 000 Kilowattstunden pro Jahr wird durch Solarzellen auf dem Flachdach des Energy

Dream Centers sowie auf einer kleinen Rasenfläche vor dem Gebäude gedeckt und ins öffentliche Netz eingespeist. Damit ist das Zentrum in der Jahresbilanz ein energie- und klimaneutrales »Net Zero Energy Building«.

### Das Gebäude braucht 70 Prozent weniger Energie als der koreanische Durchschnitt

Die Geothermieanlage, die das Gebäude je nach Bedarf heizt und in Teilen auch kühlt, wurde – zusammen mit der passenden Mess- und Regeltechnik – in Südkorea gefertigt und an Ort und Stelle montiert. Dazu mussten für drei Sondenfelder insgesamt 37 Bohrlöcher 50 Meter tief ins Erdreich getrieben und mit Doppelrohrsonden bestückt werden. Die Erde wird als Energiespeicher genutzt: Im Sommer ermöglichen die Sonden die direkte Kühlung des Gebäudes, im Winter sorgen zugeschaltete Wärmepumpen für das Beheizen der Innenräume und ganzjährig für die Bereitung von Warmwasser. Auch hier lässt sich bereits durch die Installation der Anlage langfristig Energie sparen, betont Gert Hintennach: »Die Koreaner hatten sich anfangs keine Gedanken über die Dimensionierung der Leitungen gemacht, diese wurden meist viel zu groß und schlecht gedämmt geplant. Durch neue Rohrgrößen mit geringeren Durchmessern konnten wir die Druckverluste und also auch den Energieverbrauch deutlich senken.«

Bei sommerlichen Temperaturen von mehr als 30 Grad Celsius und einer Luftfeuchtigkeit von bis zu 80 Prozent wird die Zuluft für das Gebäude durch eine Turbokompressor-Kältemaschine gekühlt und entfeuchtet. Die Erdsonden kühlen die Räume über im Fußboden verlegte Kühlkreise und Konvektoren im zweiten Obergeschoss. Zu den wenigen technischen Bauteilen, die nicht in Asien produziert wurden, gehört neben den Wärmepumpen des Schweizer Herstellers Saga die Lüftungsanlage mit zweistufiger Wärmerückgewinnung und Verdunstungskühlung: Sie stammt von der Menerga Apparatebau GmbH in Mülheim an der Ruhr. Die geschickte Kombination der verschiedenen Haustechniksysteme mit den passiven Baumaßnahmen zur Energieeinsparung und -gewinnung rechnet sich: Das Energy Dream Center braucht 70 Prozent Energie weniger als der koreanische Standard, um das Gebäude zu heizen und zu kühlen.

»Mit diesem Nullenergiegebäude haben wir ein Leuchtturmprojekt realisiert, das vorbildlich den neuesten Stand der Technik im Bereich des energieeffizienten Bauens präsentiert und diesen einer breiten Öffentlichkeit nahe bringen kann«, betont Arnulf Dinkel. Nun hofft der Fraunhofer-Architekt, dass das Beispiel Schule macht: »In Zukunft werden weltweit die Energiepreise steigen – auch in Ländern wie Nordamerika oder Saudi-Arabien, die Energie heute noch sehr stark subventionieren. Deshalb setzen sich die Regierungen dieser Länder neue energetische Ziele für Gebäude. Wir können ihnen dabei helfen, sie umzusetzen.« ■

# Schnelleres Videostreaming



Immer mehr Nutzer schauen Videos auf dem Smartphone und Tablet. Die Folge: Das Handynetzt ist schnell überlastet. Die Kombination des Videokompressionsstandards HEVC mit dem neuen Mobilfunkstandard LTE entlastet die Netze spürbar.

Egal ob auf einer langen Zugfahrt, im Café oder zuhause auf der Couch – mit Smartphones und Tablet-Computern können wir Filme überall und jederzeit anschauen. Doch da die heruntergeladenen Videoinhalte meist sehr groß sind, überlasten sie das Handynetzt zunehmend. Soll das Netz dem Ansturm gewachsen sein, müssen neue Übertragungsarten her. Daran arbeiten Forscher des Fraunhofer-Instituts für Nachrichtentechnik, Heinrich-Hertz-Institut HHI in Berlin. »Wir kombinieren den neuen Mobilfunkstandard LTE mit dem Videokompressionsstandard HEVC – und verbinden somit die Vorteile beider Technologien«, sagt Dr. Thomas Schierl, Gruppenleiter am HHI. Handys, Internetseiten und Videos werden momentan über den Standard UMTS übertragen. Nun löst LTE, kurz für Long Term Evolution, UMTS ab. LTE schafft zunächst 100 Megabit pro Sekunde, in weiteren Ausbaustufen dann sogar bis zu 300 Megabit pro Sekunde. Zum Vergleich: UMTS liegt bei maximal 28 Megabit pro Sekunde.

Die LTE-Netze übertragen Videos und andere Datenmengen nicht nur schneller, sie haben auch kürzere Verzögerungszeiten. Das ist vor allem wichtig für Videokonferenzen, bei denen man nicht erst warten möchte, bis die Antwort des Konferenzpartners übertragen ist. »LTE ermöglicht es, Ressourcen sehr flexibel an Mobilfunknutzer zu verteilen«, sagt Thomas Wirth, Gruppenleiter am HHI. »Zusätzlich transportieren neue Protokolle Informationen über die Applikation, die ein Anwender einsetzt – so lässt sich die Übertragung weiter optimieren.« Um Videos noch schneller auf die mobilen Geräte zu brin-

gen, koppeln die Forscher das bereits schnelle LTE mit dem Videokompressionsstandard »High Efficiency Video Coding«, kurz HEVC. Maßgebliche Technologien zu HEVC haben Forscher vom HHI zusammen mit namhaften Elektronikherstellern entwickelt. Der Vorteil von HEVC: Der Standard benötigt zur Videoübertragung in hoher Qualität nur die halbe Bandbreite, kann also doppelt so viele Endgeräte bedienen wie der bisherige Standard H.264/MPEG-4 AVC.

Doch wie ist das gelungen? »Es wurden viele Konzepte des bisherigen Videostandards H.264 übernommen und konsequent weiterentwickelt«, sagt Schierl. »Ein Beispiel ist die Blockgröße: Während H.264 das zu übertragende Bild in Blöcke von maximal 16 mal 16 Pixeln unterteilt, kann man die maximale Blockgröße mit HEVC wesentlich flexibler wählen – von 16 mal 16 bis zu 64 mal 64 Pixeln. Mit Hilfe größerer Blöcke lassen sich vor allem Videos in High Definition HD deutlich effizienter kodieren.« Bewegt sich etwa ein Objekt innerhalb eines Videos, kann man diese Bewegung beschreiben. Videokompressionsstandards ermitteln daher für jeden Block eine Bewegungsinformation, die typischerweise einmal pro Block übertragen wird. Da sich die Blöcke bei HEVC wesentlich größer und flexibler wählen lassen als bei H.264, sind entsprechend weniger Bewegungsdaten nötig. »Die Kombination der beiden Standards wird das Userverhalten verändern«, ist sich Schierl sicher. »Denn das mobile Internet ist heute schon schneller als der typische DSL-Anschluss zuhause. Viele Nutzer dürften daher auch daheim über LTE ins Internet gehen.« ■

**Laser Beam Coupler 60SMS-1-4-...**

Inclined fiber coupling axis

Achromatic fiber optics 400 - 660 nm

RGBV

Fiber with Endcaps  
Reduced power density at fiber end-face (factor 100)

Common Fiber

NEW Amagnetic (Titanium) Fiber Connectors and Fiber Optic Components

Fiber collimator 60FC-...

**LOW NOISE LOW COHERENCE and REDUCED SPECKLE**

**Fiber Coupled Laser Sources**

51nanoFI-... / 51nanoFCM-...

with singlemode and polarization-maintaining fiber cables

- Noise < 0.1% RMS (<1MHz)

Fabry Perot Interferometry

Applications: Laser Deflection Measurement

Atomic force microscopy

51nanoTE-Fib-...

- Integrated power control (<100%)
- Integrated temperature control for stabilisation of center wavelength
- Integrated Faraday isolator (optical isolator)

Fiber Optics, Components and Tools for  
**Fundamental Research**  
Quantum Optics - Biophotonics - Atmospheric Physics

**Measurement Systems**

**Polarization Analyzer Series SK010PA-...**

Interface: USB 2.0 · Multiple Wavelength Ranges 350 - 1600nm

Measurement of Polarization Extinction Ratio

Connector key

Core

Polarization Alignment

Good

Bad

Adjustment of Quarter-wave plates

Adjustment of or- and o-circular polarization

45°

A Fiber collimator 60FC-Q-...

B Adapter for fiber connector

Visit us in Hall B1, Booth 102 | May 13 - 16,  
**LASER World of PHOTONICS**

**Laser Line, Micro Focus, Laser Pattern Generators**

3D Profiling and Process Control

**Lasers and Line Scan Cameras for Research and Machine Vision**

from 512 to 12000 pixels

Interface: Digital: LVDS, USB 2.0, GigE, Ethernet

color

monochrome

TOI

Spectral range

**Special Developments and Customized Solutions**

Laser and Fiber Optics Components for Space Applications



**Schäfter + Kirchhoff GmbH**

info@SukHamburg.de www.SukHamburg.de

# Wenn Daten mit Lichtgeschwindigkeit fliegen

Cloud Computing, Augmented Reality oder 3D-Fernsehen lassen die Datenmengen weltweit explodieren. Entsprechend sind neue Wege gefragt, um die wachsenden Petabytes schnell, zuverlässig und möglichst energieeffizient von A nach B übertragen zu können. Fraunhofer-Forscher arbeiten deshalb daran, optische Technologien zu optimieren, um Licht noch besser als Übertragungsmedium zu nutzen.

Text: Mandy Kühn

## Projektsteckbrief PhoxTcoT

- Ziel: Steigerung der Energieeffizienz und Leistungsfähigkeit großer Rechenzentren
- Start: Oktober 2012
- Laufzeit: vier Jahre
- Forschungsvolumen: zwölf Millionen Euro
- Projektkoordination: Fraunhofer-Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration IZM, Berlin
- Projektpartner: Fraunhofer IZM, Fraunhofer HHI, Vertilas GmbH, Xyratex Technology Ltd., ams AG, Meadville Aspocomp International Limited, AMO GmbH, National Technical University of Athens, DAS Photonics SL, Phoenix B.V., Centre for Research and Technology Hellas, Compass Electro Optical Systems Ltd., Bright Photonics BV, Computer Technology Institute and Press – »Diophantus«, Centre National de la Recherche Scientifique, Karlsruher Institut für Technologie, University of Southern Denmark, Universitat Politècnica de València, Interuniversitair Micro-Elektronica Centrum vzw.

Dr. Tolga Tekin bewegt sich zwischen zwei Extremen. Auf der einen Seite befasst er sich mit winzigen optischen Mikrochips, welche die Datenübertragung per Licht revolutionieren sollen. Auf der anderen Seite koordiniert er ein Mammutprojekt mit 18 Unternehmen und Einrichtungen aus ganz Europa und einem Forschungsvolumen von neun Millionen Euro, in dem er den Überblick behalten muss. Tekin arbeitet am Fraunhofer-Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration IZM in Berlin und leitet dort das EU-Projekt »PhoxTroT«. Es hat zum Ziel, den Energieverbrauch von Rechenzentren um die Hälfte zu senken und gleichzeitig die Kapazität optischer Datenverbindungen zu verdoppeln – von einem auf zwei Terabit pro Sekunde (Tb/s).

Serverfarmen wie die von Cloudanbieter Google fressen jährlich 2,3 Millionen Megawattstunden Strom. Damit ließe sich eine Großstadt mit 200 000 Haushalten versorgen. Entsprechend hoch ist der Druck, Energie einzusparen. Zugleich werden die Nutzer immer ungeduldiger: Keiner will mehr lange auf seine Daten warten, alles soll sofort verfügbar sein. Das erfordert leistungsfähigere Technologien. Die Datenübertragung via Licht hat im Vergleich zu Funksystemen und anderen herkömmlichen Methoden großes Potenzial. Denn sie braucht nur einen Bruchteil der Energie, ist wesentlich schneller, günstiger und nicht für Funkinterferenzen anfällig.

### Bestehende Ansätze neu denken

Zwar sind optische Technologien für sich genommen schon gut erforscht, doch es fehlt der rote Faden. »Im PhoxTroT-Projekt erforschen wir die Synergien zwischen den einzelnen Komponenten und verbinden sie in einem neuen Forschungskonzept miteinander«, erklärt Tekin. Am Ende des Projekts 2016 sollen auch ganz neue Technologien Antworten auf bisher noch ungelöste Fragen geben. Zum Beispiel: Wie lässt sich eine durchgehende Datenverbindung per Licht auch über hunderte von Kilometern sicherstellen? An drei Demonstratoren realisieren und untersuchen die Projektpartner dazu die optische Übertragung innerhalb einer Leiter-

platte (on board), zwischen Leiterplatten (board to board) und von einem Serverschrank zum nächsten (rack to rack). Die Kombination dieser Schnittstellen soll in greifbarer Zukunft auch das Überbrücken längerer Strecken ermöglichen. Darüber hinaus entwickeln die Forscher Single-Mode-Lösungen, die optische Chips auf einer Leiterplatte integrieren. Statt wie bisher über mehrere erfolgt die Signalübertragung dabei durch einen einzigen Lichtweg. Daher eignet sich diese Technologie besonders dazu, extrem hohe Datenraten über lange Distanzen zu übertragen.

### Daten aus der Deckenlampe

Auf das Licht normaler LED-Lampen setzen hingegen die Forscher vom Fraunhofer-Institut für Nachrichtentechnik, Heinrich-Hertz-Institut HHI in Berlin. Denn überall dort, wo Funknetze zu langsam oder nicht möglich sind, könnte die Deckenbeleuchtung zusätzliche Datenhighways eröffnen: im Büro, im Flugzeug, in der Bahn oder auch in funksensiblen Bereichen wie OP-Sälen und Produktionshallen. Mit der neuen Technik »Visible Light Communication« lassen sich Datenraten bis 1,25 Gbit/s erreichen und damit selbst breitbandige Videodateien problemlos in HD-Qualität übertragen. Über die Leseleuchten im Flugzeug oder Zug könnte so bald jeder Reisende an seinem Platz seine individuellen Daten und Entertainment-Programme empfangen.

Mit nur wenigen Zusatzbauteilen wird die handelsübliche LED-Lampe zum leistungsstarken Sender eines optischen WLAN. Ein spezieller Modulator schaltet die Leuchtdioden in schnellem Rhythmus ein und aus. So werden die digitalen Informationen übermittelt. Da diese Modulation bei einer sehr hohen Frequenz stattfindet, ist sie für das menschliche Auge nicht wahrnehmbar. Um den Datenfluss zu maximieren, verwenden die HHI-Wissenschaftler LEDs, die das abgestrahlte Weißlicht aus drei Farben – jeweils einer roten, grünen und blauen Diode – zusammensetzen. Dadurch stehen drei parallele optische Bahnen für den Datentransfer zur Verfügung.

»Wenn bei der Entwicklung und Herstellung von LED-basierten Leuchten künftig neben der Lichtquelle auch die Zusatzfunktion als Datensender berücksichtigt würde, könnte das zusätzlich ei-

nen erheblichen Geschwindigkeitsgewinn in der Übertragung bringen«, ist Dr. Anagnostis Paraskevopoulos vom HHI überzeugt. Dass man bald die Ausbreitung von Daten durch das Design der Lichtausstrahlung gestalten kann, sieht er als eine Revolution in der Indoor-Kommunikation. Momentan arbeitet sein Team an Verfahren, die verhindern, dass bei einer Unterbrechung der direkten Lichtverbindung zwischen LED und Photozelle auch die Übertragung einfach abbricht. Verdeckt etwa eine Hand die freie Sicht, kann die Übertragungssoftware dennoch sicherstellen, dass der Datenfluss verlust- und fehlerfrei aufgenommen wird, sobald die Verbindung wieder frei ist.

### Drei Gigabit pro Sekunde

Auch Wissenschaftler vom Fraunhofer-Institut für Photonische Mikrosysteme IPMS in Dresden arbeiten an neuen Ansätzen für die optische Kommunikation. Als Alternative zu kabelgebundenen Lösungen wie zum Beispiel USB oder Gigabit-Ethernet haben die Experten ein Kommunikationsmodul entwickelt, das drei Gigabit pro Sekunde drahtlos im Vollduplex-Modus übertragen kann. Der Kabelsalat ließe sich damit schon bald durch drahtlose High-Speed-Verbindungen ersetzen. »Freie Sicht zwischen Sender und Empfänger vorausgesetzt, können wir damit Daten bis zu 100 Mal schneller als derzeit verfügbare Lösungen übertragen – und das mit vernachlässigbaren Bitfehlerraten (10<sup>-9</sup>). Der Weg über das Licht benötigt dabei nur 15 Prozent der Energie pro Byte«, verdeutlicht Dr. Frank Deicke vom IPMS. Profitieren würden davon vor allem mobile, batteriebetriebene Geräte wie Handys oder Digitalkameras.

Die Handhabung ist einfach: Der Nutzer kann ohne zusätzliche App oder Treiber alle USB-fähigen Geräte wie Speicherstick, Kamera, Handy, PC, Festplatte, mp3-Player, Maus, Tastatur oder Bildschirm über einen GigaIR-Adapter miteinander verbinden und Daten drahtlos und schnell austauschen. Zusätzlich enthält der Adapter ein Modul, um auch Energie drahtlos zu übertragen. Damit können Geräte ganz ohne Kabel mit Strom versorgt und Akkus aufgeladen werden. Frank Deicke und sein Team erweitern die Technologie stetig, um potenziell noch schnellere kabelgebundene Übertragungstechniken wie USB3.0, GigE, HDMI oder Thunderbolt zu ersetzen. ■

# Vernetzter Bauernhof

Informations- und Kommunikationstechnik hält auch in die Landwirtschaft Einzug. Fraunhofer-Experten arbeiten am Smart Farming – dem intelligent vernetzten Agrarbetrieb.

Text: Boris Hänbler



Ein Miniaturtraktor mit Anhänger ruckelt über einen kleinen Acker, in einem Schuppen wartet ein kleiner Mähdrescher. Auf den ersten Blick sieht es aus als hätten Forscher des Fraunhofer-Instituts für Experimentelles Software Engineering IESE in Kaiserslautern einen Miniaturbauernhof aufgebaut. Doch das Modell ist nicht zum Spielen gedacht: An dem Exponat erklären die Wissenschaftler das Projekt »Smart Farming«. »In Traktoren und Anhängern steckt heutzutage jede Menge Software in eingebetteten Systemen«, erläutert Ralf Kalmar, Geschäftsleiter am IESE. Wie diese arbeiten und wie sich die verschiedenen Systeme miteinander vernetzen lassen, machen die Wissenschaftler auf den sechs Bildschirmen über dem Miniaturbauernhof sichtbar.

Die Arbeitsproduktivität der Landwirtschaft ist in den vergangenen Jahrzehnten kontinuierlich angestiegen. Laut Bauernverband hat der Agrarsektor gemessen an der Bruttowertschöpfung je Erwerbstätigem in Deutschland seine Produktivität zwischen 1991 und 2011 mehr als verdoppelt. Doch der Klimawandel, das Bevölkerungswachstum und die zunehmende Ressourcenknappheit setzen die Landwirte unter Druck: Sie müssen möglichst viel aus möglichst kleiner Fläche herausholen oder, wie es im Fachjargon heißt, die Schlagkraft auf dem Feld erhöhen.

Bislang begegnete die Agrarbranche dieser Herausforderung mit Innovationen in den Bereichen Saatgut, Düngung und Automatisierung. Doch zunehmend setzt sie auch auf IT und Mechatronik. Schlaue Systeme regeln inzwischen Motoren und Getriebe, um Benzin zu sparen. Satelliten,

Künftig können Landmaschinen miteinander kommunizieren, lassen sich per Smartphone oder Tablet steuern.  
© Fraunhofer IESE

Computer und Sensortechnik lassen die Maschinen automatisch die Feldarbeit verrichten. Und vollautomatische Vorgewende-Managementsysteme übernehmen den kompletten Wendevorgang am Feldrand. Saat, Dünger und Pflanzenschutzmittel werden mit höchster Präzision auf dem Acker verteilt.

Aber allmählich stößt diese Art der Optimierung an ihre natürlichen Grenzen. »Während man bislang noch die Leistung der Einzelmachine im Fokus hatte, steht heute die Vernetzung der Systeme an, um den gesamten Prozess vom Hofrechner bis zur Erntekette elektronisch abzubilden«, sagt Christoph Götz vom Fachverband Landtechnik des Verbands Deutscher Maschinen- und Anlagenbau. Nicht nur die Industrie (siehe Titelthema Seite 8ff), sondern auch die Landwirtschaft will künftig verstärkt auf Cyber-Physische Produktionssysteme setzen. Denn sie können zu mehr Transparenz und einer besseren Rückverfolgbarkeit der Produktionsschritte führen – und damit zu höherer Effizienz und Qualität. Nicht zufällig geht der Fachverband bei der Suche nach Nachwuchskräften für die eigene Branche verstärkt auf Informatiker zu.

Noch allerdings ist viel Entwicklungsarbeit nötig, bis aus der heutigen Hightech-Landtechnik eine Art Landwirtschaft 4.0 wird. Denn die Vernetzung zum Cyber-Agrarbetrieb betrifft nicht allein die Maschinen auf dem Hof. In den vergangenen Jahren ist die Zahl der »Player« in der Agrarbranche gestiegen: Neben den Herstellern der Landtechnik, den Saatgut- und Düngerproduzenten mischen Sensorikprovider

und verschiedene Datenprovider mit, die zum Beispiel Geo- und Wetterdaten anbieten, Systeme für E-Government oder Smartphone-Apps wie zur Flächenvermessung via GPS oder für die automatische Bestimmung von Schädlingen.

»Die Herausforderung liegt darin, diese Systeme intelligent zu verknüpfen und Standards für Schnittstellen zu schaffen, so dass alle Player in der Agrarbranche profitieren«, sagt Smart-Farming-Projektleiter Dr. Jens Knodel vom IESE. Und dafür sei es in einem ersten Schritt hilfreich, ihnen die Methoden der Softwareentwicklung zu vermitteln: vom Anforderungsmanagement über die Systemarchitektur bis hin zum Programmcode unter Berücksichtigung von Safety und Security – der Zuverlässigkeit des Systems und seinem Schutz vor Angriffen von außen.

Das Exponat »Smart Farming« steht folglich unter dem Motto »SEE«, dem englischen Wort für »sehen« und zugleich ein Akronym für »Software Engineering Explained«. Auf den Bildschirmen sieht man unter anderem, was live hinter der Nutzeroberfläche einer Software geschieht. So wird zum Beispiel angezeigt, welche Schritte im »Drehbuch« der Software gerade ablaufen, wenn sich Traktor und Arbeitsgerät aufeinander abstimmen. Diese Visualisierung erleichtert die Verständigung zwischen Informatikern und den Menschen, für die die Software gedacht ist. Ein Landwirt etwa kann dann besser seine Bedürfnisse einbringen.

Die Chancen, dass wichtige Impulse für die Landwirtschaft der Zukunft aus Kaiserslautern kommen, stehen gut – dank eines exzellenten

Umfelds. Die Fraunhofer-Forscher arbeiten mit »John Deere« zusammen. Das amerikanische Unternehmen betreibt in der Stadt das Europäische Technologie- und Innovations-Centrum (ETIC). Dort forscht insbesondere die Intelligent Solutions Gruppe (ISG) an Lösungen für die Präzisionslandwirtschaft, etwa an der Weiterentwicklung von satellitengestützten Lenksystemen, Telemetrielösungen oder Dokumentationssystemen für die Erfassung von Erträgen, Feuchtegehalten und Inhaltsstoffen auf Erntemaschinen.

Seit April 2007 gibt es zudem das Fraunhofer-Innovationscluster »Digitale Nutzfahrzeugtechnologie«, in dem der Großteil der gezeigten Lösungen entwickelt wurde und das den Technologietransfer in die Wirtschaft unterstützt. Beteiligt sind neben dem IESE das Fraunhofer-Institut für Techno- und Wirtschaftsmathematik ITWM in Kaiserslautern und mehrere Unternehmen aus dem südwestdeutschen Raum. Über die Commercial Vehicle Alliance ist das Cluster regional mit dem Zentrum für Nutzfahrzeugtechnik der TU Kaiserslautern und der Commercial Vehicle Alliance GmbH verbunden.

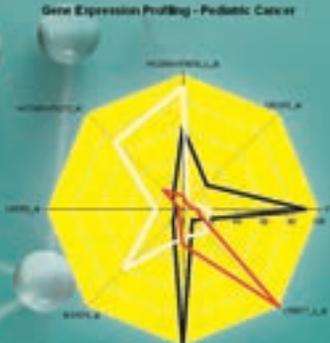
Wie Software arbeitet und welchen Nutzen sie hat, wollen die Forscher nicht nur für den Agrarbereich aufbereiten, sondern auch für Maschinen und Fahrzeuge. »Das Living Lab ist beispielsweise auch für mittelständische Industriebetriebe interessant«, sagt Jens Knodel. »Die Unternehmer können anhand von im Labor aufgebauten Produktionseinheiten sehen, welchen Nutzen die Vernetzung für sie hat – und dann eigene Entwicklungsprojekte lancieren.« ■

**Der einfachste Weg, Daten zu analysieren und präsentieren!**



**SIGMA PLOT**  
Exact Graphs and Data Analysis

Gene Expression Profiling - Pediatric Cancer



[www.systat.de/FM.html](http://www.systat.de/FM.html)

**Neu!**  
**Version 12.5**

Kostenlose Demo-CD  
anfordern unter:  
[kontakt@systat.de](mailto:kontakt@systat.de)

(Bitte FM0313 angeben)

# App für die Leber-OP

Eine neue Software hilft Chirurgen dabei,  
die Leber präziser und sicherer zu operieren.

Text: Frank Grotelüschen, Fotos: Junko Kimura



Augmented Reality im  
Operationssaal via iPad:  
Die Software für Planung  
und Navigation erleichtert  
die Therapieentscheidung  
und verbessert die Behand-  
lung von Patienten.



Hochkonzentriert arbeitet das Chirurgenteam im OP-Saal. Mit äußerster Sorgfalt versuchen die Ärzte, bei ihrem Patienten einen gefährlichen Lebertumor zu entfernen. Das Organ ist schwierig zu operieren, deshalb dauern Eingriffe an der Leber viele Stunden. »Das Organ ist von zahllosen Blutgefäßen durchzogen und wird in jeder Minute von 1,5 Litern Blut durchflossen«, sagt Andrea Schenk, Head of Liver Research am Fraunhofer-Institut für Bildgestützte Medizin MEVIS in Bremen. »Deshalb müssen die Chirurgen beim Operieren genau wissen, wo die Blutgefäße verlaufen. Ein falscher Schnitt und der Patient könnte viel Blut verlieren – womöglich mit schwerwiegenden Folgen.«

Dieses Risiko soll eine neue, am MEVIS entwickelte Technik nun mindern. Das Besondere: Sie basiert auf einem Gegenstand, den viele von uns im Alltag zum Surfen, Lesen oder Spielen nutzen – dem iPad. Der Anstoß dafür kam aus der Universitätsklinik Yokohama, von den Chirurgen Itaru Endo und Ryusei Matsuyama. Schon lange arbeiten die Japaner mit einer in Bremen entwickelten Software. Auf der Basis von Computertomographien errechnet diese Software in 3D und individuell für jeden Patienten, wo die Gefäße durch dessen Leber verlaufen. Damit können die Chirurgen den Eingriff präziser planen und abschätzen, wo genau sie ihre Schnitte setzen müssen.

### OP-Planung: iPad statt Papier

»Wir nutzen die MEVIS-Software schon seit 2003«, erläutert Endo. »Mit ihrer Hilfe konnten wir bereits bei mehr als 60 Operationen den Blutverlust der Patienten deutlich senken.« Einen Verbesserungswunsch jedoch hatten die Japaner: Um die von der MEVIS-Software errechneten Bilder während des Eingriffs im Blick haben zu können, mussten sich die Ärzte Ausdrucke machen und an die Wände des OPs hängen. Nur: Da sich längst nicht alles ausdrucken ließ, waren die Chirurgen gezwungen, sich das Meiste zu merken.

Also fragten Endo und Matsuyama in Bremen an: Wäre es nicht möglich, die Planungsdaten aufs iPad zu übertragen, um sie während der OP stets im Blick haben zu können? Bei Fraunhofer stieß die Idee sofort auf lebhaftes Interesse. Nach einigen Vorarbeiten packte MEVIS-Informatiker Alexander Köhn die Koffer und reiste für drei Monate nach Japan, um dort die Software zusammen mit den Ärzten zu entwickeln.

Schnell wurde den Experten klar: Das iPad kann nicht nur sämtliche Planungsdaten im OP anzeigen, sondern bietet weitere nützliche Vorteile – es kann die Realität erweitern, Stichwort »Augmented Reality«. Das Prinzip: Über das Tablet lassen sich die Gefäßsysteme im Inneren des Organs darstellen. Wie das in der Praxis aussieht, zeigt Köhn am Modell einer Leber, das vor ihm auf dem Schreibtisch liegt. Der Forscher hält das iPad darüber und schaltet dessen Kamera an. »Ich blicke quasi durchs iPad hindurch und sehe die Leber«, beschreibt er. »Und jetzt kann ich die virtuellen Daten unserer Planungs-Software drüberblenden und sehe die Blutgefäße im Inneren der Leber!«

Die Gefäße ähneln einer Baumkrone im Winter – dicke Stämme, die sich in unzählige, immer feiner werdende Äste verzweigen. Unterschiedliche Gefäßsysteme – etwa Venen und Arterien – sind dabei der Übersichtlichkeit halber in verschiedenen Farben dargestellt. Dieses filigrane Muster kann der Arzt per iPad quasi auf die Leber projizieren, um dort mit einem Spezialstift die Lage der Gefäße präzise zu markieren. Der Vorteil: Anschließend kann man mit dem Skalpell genau an den richtigen Stellen schneiden.

Jetzt zeigt Köhn eine weitere Funktion – den »Radiergummi«. Denn sobald der Chirurg bestimmte Venen durchtrennt hat, braucht er sie auf dem iPad nicht mehr zu sehen. Sie sind in der Bilddarstellung im Weg und verdecken womöglich andere wichtige Gefäße. Die Lösung: Die Venen lassen sich auf dem Tablet »wegradieren«. Dazu fährt Köhn einfach mit dem Zeigefinger über den Gefäßast auf dem Touch-Screen – und schon verschwindet der Ast.

Andere Tools der neuen App sind bei Komplikationen hilfreich, wie sie bei Leber-OPs nicht selten auftreten – etwa wenn der Tumor größer ist als angenommen und die Chirurgen spontan umdisponieren müssen. So ist es unter Umständen ratsam, einen weiteren Gefäßast wegzuschneiden, was ursprünglich nicht geplant war. Allerdings könnte dadurch die Leber des Patienten zu stark geschädigt werden.

Bei der Abwägung hilft die App: Alexander Köhn tippt mit dem Finger das fragliche Blutgefäß an. Sekundenbruchteile später zeigt das iPad eine Art Wolke am Ende des Gefäßes an: Es ist das Volumen, das durch den Ast versorgt wird und das nicht mehr funktionieren würde, wenn man das Gefäß kappt. »In diesem Fall

sind es 37 Milliliter«, sagt Köhn. »Nun kann der Arzt entscheiden, ob das verbleibende Volumen noch groß genug ist, damit der Patient sicher überlebt.«

Einige Wochen lang brauchte der MEVIS-Informatiker, um die Software in Japan zu schreiben und auf die Bedürfnisse der Mediziner abzustimmen. Dann war die erste Version fertig. »Die Chirurgen waren beeindruckt und konnten es gar nicht abwarten, sie im OP-Saal zu benutzen«, so Köhn. Bald darauf war es so weit: Erstmals wurde die neue Fraunhofer-App bei einer OP eingesetzt – auf einem iPad, das in einer speziell für die Medizin entwickelten, keimfreien Plastikhülle steckt.

Rasch glückte es den Medizinern, das echte und das virtuelle Leber-Bild auf dem iPad-Display zur Deckung zu bringen und die Blutgefäße darzustellen. »Als Dr. Endo das sah, hat er ‚sugoi‘ gesagt, das bedeutet super«, erinnert sich Köhn. »Schon bei der ersten OP hat die neue Software wirklich etwas gebracht.« Konkret gelang es den Chirurgen, die Gefäße auf der Leberoberfläche präzise zu markieren. Dadurch wussten sie genau, wo lebenswichtige Gefäße liegen, die sie keinesfalls unkontrolliert durchtrennen dürfen – und konnten das Skalpell sicherer führen.

»Die neue Technik könnte den Blutverlust während des Eingriffs weiter senken«, hofft Itaru Endo. »Dadurch würden weniger Komplikationen auftreten, und der anschließende Krankenhausaufenthalt könnte sich verkürzen.« Den ersten Tests sollen nun klinische Studien folgen – auch in Deutschland. »Diese Studien sollen quantitativ belegen, welchen Mehrwert unser neues Tool für die Praxis bringt«, erläutert Andrea Schenk.

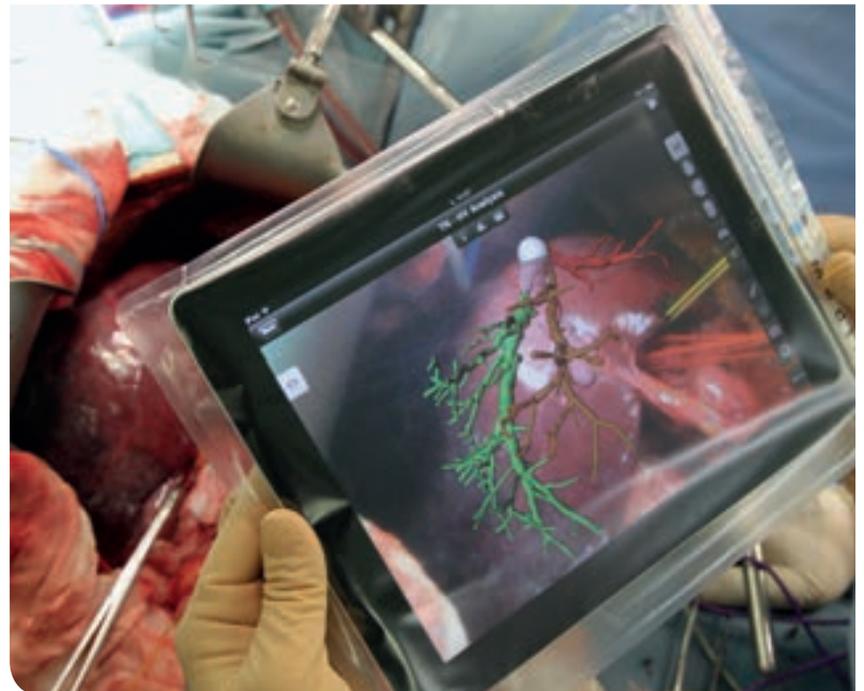
Doch das ist nur der erste Schritt. Die MEVIS-Experten denken bereits daran, das iPad nicht nur im OP zu nutzen, sondern im gesamten Krankenhaus. Die Vision: Bei der Visite übermittelt ein Chip am Krankenbett die individuellen Patientendaten an das Tablet des Arztes. »Zum Beispiel könnte man damit den Erkrankten ihre individuellen Leber-Bilder zeigen und ihnen erklären, was genau während der Operation passieren wird,« beschreibt Schenk. »Das wäre sowohl für die Mediziner als auch für die Patienten sehr hilfreich.« ■



[www.fraunhofer.de/audio](http://www.fraunhofer.de/audio)  
online ab 25.03.2013



Um die Planungsdaten während des Eingriffs im Blick haben zu können, mussten sich die Ärzte Ausdrucke machen und an die Wände des Operationsaals hängen.



Augmented Reality: Mit der Kamera des iPads sieht man die Leber – die virtuellen Daten der Planungs-Software werden drübergeblendet und die Blutgefäße sind sichtbar.

Dr. Ryusei Matsuyama während einer Leber-Operation am Yokohama City University Hospital mit dem iPad.

# 3D im OP

Moderne Kameras und Bildschirme machen 3D zunehmend auch für Operationen interessant. Selbst erfahrene Chirurgen können mit der neuen Technik präziser und schneller arbeiten. Jetzt hat eine Studie erstmals verlässliche Ergebnisse für den Vergleich unterschiedlicher 3D-Displays geliefert.

Text: Tobias Steinhäuser

Wer heute an 3D denkt, der hat zumeist den nächsten Kinobesuch im Kopf oder den neuen Flachbildschirm, der das abendliche Fernsehvergnügen in ein dreidimensionales Heimkino-Event verwandelt. Dort flimmern dann zuweilen auch die Ärzte von »Grey's Anatomy« über die Mattscheibe. Aber 3D im Operationsaal? Ist das nicht Zukunftsmusik? Lange Zeit war die Technik, die aktuell die Unterhaltungselektronik revolutioniert, bei Medizinern verpönt. Es schien, als hätten lediglich die Urologen einen Zugang zur 3D-Technik gefunden. Sie nutzen diese beispielsweise bei ihrem Master-Slave-Roboter für Prostataoperationen.

Obwohl erste Systeme bereits seit den 1990er Jahren auf dem Markt sind, blieb der breite Durchbruch im Krankenhausbetrieb bisher aus. »Die dreidimensionalen Bilder brachten uns keinen erkennbaren Vorteil beim Operieren. Und da waren die Kopfschmerzen. Verursacht durch die unkomfortable Körperhaltung und die seinerzeit verfügbaren Brillenmodelle«, schildert PD Dr. Silvano Reiser von der Chirurgie des Klinikums rechts der Isar in München die damalige Situation.

## Operieren am Bildschirm

Reiser und seine Kollegen verlassen sich bis heute daher meist auf herkömmliche 2D-Bildschirme. Die Ärzte setzen diese beispielsweise bei der Laparoskopie, also bei minimal-invasiven Eingriffen im Bauchraum, ein. Der Operateur hat dabei keinen direkten Blick auf die Organe. Er ist auf die Bilder angewiesen, die ein in den Körper eingeführtes Endoskop auf einem Monitor abbildet. Die fehlende dritte Dimension machten die Chirurgen bislang mit ihrer Erfahrung wett. Außerdem half ihnen die Fähigkeit des menschlichen Auges, auch aus zweidimensionalen Bildern räumliche Informationen zu ziehen – zum Beispiel durch Abbildungen mit Schattenwurf und verdeckten Objekte. Bisher konnten Studien daher lediglich nachweisen, dass noch relativ unerfahrene Chirurgen von der 3D-Information auf Stereo-Bildschirmen profitieren. »Die bislang zur Verfügung stehenden Geräte konnten den theoretischen Vorteil von 3D, nämlich die zusätzliche Tiefeninformation, einfach nicht überbringen«, beschreibt Dr. Ulrich Leiner vom Fraunhofer-Institut für Nachrichtentechnik, Heinrich-Hertz-Institut HHI in Berlin das Dilemma. Vor allem die niedrige Auflösung der 3D-Bilder erwies sich als Problem. Denn um die dritte Dimension erzeugen zu können, benötigt man zwei Kamerabilder. Das bedeutet mehr Übertragungskapazität und weniger Auflösung

pro Bild. »Die Auflösung reduziert sich im Vergleich zu 2D auf die Hälfte oder noch weniger«, ergänzt Leiner. Die Karten standen also schlecht für die dritte Dimension im OP-Saal. Und Hilfe kam ausgerechnet aus dem Heimkino.

Denn dank verbesserter Technologie hat sich 3D in den vergangenen Jahren zum Verkaufshit in der Unterhaltungselektronik gemausert. Von den großen Kinoleinwänden haben es die dreidimensionalen Bilder längst auch auf die Flachbild-Fernseher in den eigenen vier Wänden geschafft. Die Brillen wurden immer komfortabler, die Auflösung ständig besser. Seit verganginem Jahr sind 4K-Modelle auf dem Markt, die vierfache HD-Auflösung bieten. »Und das Ende der technischen Entwicklung ist hier längst noch nicht erreicht. Der nächste Schritt in Richtung 3D ist Ultra-High-Definition mit 8K und höher. 8K hat die 16-fache Auflösung eines regulären Full-HD-Bilds«, so Michael Witte, Leiners Kollege am HHI. »Und das wird die Tür für 3D ohne Brille endgültig öffnen.« Eine neue Chance für 3D auch in der Medizintechnik?

Die beiden Forscher wollten es genau wissen und testeten die neue medizinische 3D-Welt im vergangenen Herbst am Münchner Klinikum rechts der Isar. Insgesamt trommelten sie 48 Chirurgen zusammen, um die neuesten Geräte der Hersteller bei einer chirurgischen Routineübung auszuprobieren. Dabei sollten Antworten auf folgende Fragen gefunden werden: Erstens: Hat 3D prinzipiell eine Chance auf eine breitere Anwendung in der Medizin? Zweitens: Können erfahrene Chirurgen von 3D profitieren? Drittens: Welche Art von 3D bringt den größten Mehrwert für Mediziner?

Die Chirurgen – 24 Ärzte in der Ausbildung und 24 erfahrene Operateure – durchliefen im Skill-Lab der Chirurgischen Klinik am Klinikum rechts der Isar allesamt denselben Testparcours: Jeder Proband nähte an einem Modell eine chirurgische Wunde mit zehn Stichen unter minimal-invasiven Bedingungen zu, also ohne direkten Blick auf Naht und Hände. Insgesamt standen vier unterschiedliche bildgebende Systeme zur Auswahl: ein herkömmliches 2D-Gerät, ein 3D-System mit und ohne Brille sowie ein Spiegel-aufbau, der als Referenzmodell diente. »Wir mussten insbesondere die Reihenfolge statistisch berechnen, in der die Geräte durchlaufen wurden, um das Ergebnis nicht durch Lerneffekte zu verfälschen. Außerdem untersuchten wir die subjektiven Eindrücke der Ärzte und die objektiven Ergebnisse streng getrennt voneinander«, beschreibt Leiner das Versuchsdesign. Auch das



Eine Chirurgin übt eine Wunde zu nähen. Mit 3D-Bildschirmen geht das effizienter.  
© Maik Kern

Referenzmodell hatte das HHI eigens für die Studie entwickelt. Es stellte quasi die ideale 3D-Optik, also den direkten Blick des Operateurs auf die modellierte Bauchhöhle, dar. Um Blick- und Handrichtung zu entkoppeln und eine Bildübertragung nachzustellen, leiteten die Forscher das direkte »Bild« über zwei Spiegel um.

#### Auch erfahrene Ärzte profitieren

»Das Ergebnis war verblüffend. Sogar ein »alter Hase« wie ich profitierte von dem Modell »3D mit Brille«. Trotz der Erfahrung von mehreren tausend Operationen arbeitete ich noch präziser und schneller. Ich hätte das vor der Studie ehrlich gesagt nicht für möglich gehalten«, erläutert Prof. Dr. Hubertus Feußner, der die Versuche am Klinikum rechts der Isar leitete. »Und noch etwas war ganz erstaunlich: Wir untersuchten sehr gezielt auch die Handbewegungen der Kollegen beim Nähen. Auch hier das gleiche Ergebnis: Bei der Station »3D mit Brille« waren die Bewegungen deutlich effizienter als bei 2D.«

Die Wissenschaftler vom HHI ermittelten außerdem, dass »3D mit Brille« ähnlich gut abschnitt wie das Referenzmodell. »Das heißt, der theoretisch existierende Vorteil von 3D wird bereits mit der heute zur Verfügung stehenden Technik nahezu vollständig erreicht. Die Tatsache, dass sich die Technik noch weiter entwickeln wird, zeigt das enorme Potenzial von 3D in der Medizin«, ist Michael Witte vom HHI überzeugt. »Die Studie hat erstmals in einem statistisch belastbaren Verfahren die Vorteile von 3D für erfahrene Chirurgen gezeigt. Das wird die weitere Diskussion mit den Skeptikern unter den Ärzten beleben. Jetzt müssen Untersuchungen für andere Disziplinen folgen.«

Obwohl nicht Testsieger, hat auch das System »3D ohne Brille« nach Meinung von Leiner und Witte überzeugt. Im Versuch schloss es trotz wesentlich geringerer Auflösung ähnlich gut ab wie das 2D-System. Sie sehen in der autostereoskopischen Variante trotz Verbesserungspotenzial deshalb die Zukunft: »Das in der Studie

eingesetzte Modell haben wir am HHI entwickelt. Dabei nehmen Kameras die exakte Position beider Augen auf. So wird gewährleistet, dass jedes einzelne Auge ein separates Bild sieht und sich der 3D-Effekt auch ohne Brille einstellt. Im Fachjargon wird diese Blickverfolgung »Eye-Tracking« genannt. Der Prototyp hat sich im Test sehr wacker geschlagen und bewiesen, dass er eine Alternative zur brillenbasierten Lösung sein kann.«

Die Forscher bauen insbesondere auf die Tatsache, dass es oft die Brille war, die Mediziner als störend empfunden hatten: »Trotz moderner, angenehm zu tragender Modelle darf man die beiden großen Nachteile von Brillen nicht vergessen: Sie nehmen immer Helligkeit weg und sie schaffen quasi eine »zweite Welt«. Der Trend geht aus unserer Sicht deswegen ganz klar weg von der Brille.« Mit oder ohne Brille – es scheint also nur noch eine Frage der Zeit, bis uns 3D nicht nur im Kino, sondern auch im Krankenhaus begegnet. ■

Das »System Krankenhaus« beruht auf der Verständigung zwischen Verwaltung, Station, Arzt, Patient und Dienstleistern.  
© Christian Burkert/laif



# Klinikabläufe optimal gestalten

Um Krankenhäuser zukunftsfähig zu machen, gibt es nur eins: Technik, Ressourcen und Informationen in die richtigen Bahnen lenken. Fraunhofer-Wissenschaftler suchen nach wirtschaftlichen Versorgungspfaden und nachhaltigen Lösungen.

Text: Andreas Beuthner

Im Gesundheitswesen ist Mittelmaß keine Zukunftsoption. Patienten erwarten eine optimale Versorgung und Kliniken müssen mit diesem Anspruch Schritt halten. Das ist nicht so leicht, denn die Leistungsfähigkeit eines Krankenhauses beruht auf medizinischer Expertise und – eng damit verbunden – reibungslos ineinander greifenden Abläufen zwischen Verwaltung, Stationen, Ärzten und Zulieferern. Das verlangt nach Investitionen, denn läuft nicht alles rund, sinkt schnell die Versorgungsqualität und es drohen rote Zahlen in der Klinikbilanz. Wachsende Defizite aber können die wenigsten Krankenhäuser auf Dauer verkraften. »Hospital Engineering« ist ein Weg, um die großen Kostenblöcke im Klinikbetrieb in den Griff zu bekommen.

»Wir wollen in dem gesamten Prozessgeschehen einer Klinik unnötige Kosten vermeiden und durch intelligente Technik eine höhere Versorgungsqualität erreichen«, fasst Dr. Thomas Königsmann, Abteilungsleiter E-Healthcare am Fraunhofer-Institut für Software- und Systemtechnik ISST in Dortmund, die Zielsetzung von »Hospital Engineering« zusammen. Stolpersteine gibt es mehr als genug. Der Blick in einen Operationssaal (OP) zeigt die gesamte Bandbreite der mit einer Operation verbundenen Arbeitsabläufe: angefangen von der Materialversorgung über eine minutiöse Zeitplanung und die Zusammensetzung des OP-Teams bis hin zu den patientennahen Informationen in einer elektronischen Fallakte.

 [www.hospital-engineering.org](http://www.hospital-engineering.org)

Wer in einer solchen Umgebung entspannt und konzentriert agieren will, muss sich auf sein OP-Personal verlassen, aber auch auf die Technik. Arbeitet die Anästhesie-Station einwandfrei? Sind alle Anschlüsse für das Patientenmonitoring gelegt? Klappen die Kommunikation und der Datenaustausch zwischen den Geräten? »Es gibt sehr viele Einflussfaktoren auf den Workflow im OP-Saal und alle damit verbundenen Prozesse«, sagt Königsmann. Das gilt sogar für das gesamte Krankenhaus: »Die Herausforderung besteht darin, alle medizinischen und nicht-medizinischen Abläufe so aufeinander abzustimmen, dass ein optimales Ergebnis im Hinblick auf Patientensicherheit und Kostenaufwand herauskommt«, betont der Forscher.

Einsparpotenzialen auf die Spur zu kommen, ist in einem laufenden Krankenhausbetrieb ein schwieriges Unterfangen. Kurzerhand den Rot-

stift anzusetzen, ist jedenfalls der falsche Weg. Vielversprechender sind Ansätze, die das Potenzial innovativer Techniken nutzen und Spareffekte durch intelligente Prozessgestaltung erzielen. Um für diesen Weg das wissenschaftliche Fundament zu legen, haben sich vier Fraunhofer-Institute zusammengetan, neben dem ISST, das Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik IML in Dortmund, das Fraunhofer-Institut für mikroelektronische Schaltungen und Systeme IMS in Duisburg und das Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT in Oberhausen. Mit dabei sind auch Wirtschaftsinformatiker der Universität Duisburg-Essen, acht regionale Krankenhäuser sowie acht Industrieunternehmen. Auch die regionale Netzwerkorganisation MedEcon macht mit sowie regionale Wirtschaftsförderungen.

Räumlicher Mittelpunkt der Forschungsaktivitäten ist das »Hospital Engineering Labor«, das auch den Partnerunternehmen und Kliniken zur Verfügung steht. Das Modell-Krankenhaus mit OP-Bereich, Patienten-, Schwestern- und Arztzimmer, Rehabereich sowie Funktionsräumen ist 350 Quadratmeter groß und Teil des Fraunhofer-inHaus-Zentrums in Duisburg. »Wir wollen dort mit Fachleuten aus der medizintechnischen Industrie, den Krankenhäusern und Wissenschaftlern aktuelle Healthcare-Systeme testen und Fachveranstaltungen rund um das Thema Krankenhaus der Zukunft abhalten«, sagt Königsmann.

Zu den Schwerpunkten in der Duisburger Forschungs- und Testumgebung gehören intelligente Raum- und Gebäudelösungen sowie moderne Diagnose- und klinische Informationssysteme. Viele Produktangebote tummeln sich bereits am Markt und in nahezu jeder Klinik gibt es Informationssysteme und bildgebende Diagnostikapparate. »Man findet heute schon sehr ausgereifte Techniken und Hightech-Instrumente«, bestätigt Königsmann. Was aber fehle, sei deren effizienter Einsatz im Rahmen einer klinikweiten Vernetzung der Datenströme. Zudem kämpfen Kliniken immer wieder mit Kostenfragen, die Fortschritte behindern können oder den gefürchteten Investitionsstau auslösen.

Die Fraunhofer-Wissenschaftler stellen deshalb nicht nur einzelne Produkte auf den Prüfstand, sondern gehen einen Schritt weiter – sie analysieren und bewerten die Auswirkungen einer Innovation im Hinblick auf das »Gesamtsystem Krankenhaus«. Beispielsweise könnten

personalisierbare Informationssysteme den Patienten während seines Krankenhausaufenthalts hilfreich zur Seite stehen und damit den Service einer Klinik erhöhen. Er erfährt über einen Touchscreen-Monitor an seinem Krankentbett nähere Einzelheiten über den vom Arzt vorgesehenen Behandlungspfad, kann den wöchentlichen Speiseplan einsehen und seine Auswahl eintragen oder Verhaltensempfehlungen für eine rasche Genesung abrufen. »Mehr Servicequalität bedeutet mehr Wettbewerbsfähigkeit«, erläutert Königsmann.

### Das Potenzial von RFID

Ein weiterer Ansatz sind Identifikationssysteme auf Basis von mobilen Funkchips, die Patienten über eine Identifikationsnummer erkennen und auch für das Geräte- und Betten-Tracking eingesetzt werden. Welches Potenzial in Radio Frequency Identification (RFID) steckt, um Zeit und Kosten in der Logistik und anderen Abläufen eines Krankenhauses zu sparen, ist eine von vielen Fragen, die immer wieder gestellt werden.

Eng mit RFID-Technologien und mobilen Endgeräten verknüpft sind Forschungsarbeiten, die sich mit der Informationsversorgung der verschiedenen Abteilungen einer Klinik befassen. Sowohl der Einkauf medizinischer Hilfsmittel von OP-Instrumenten und Blutkonserven über sterile Handschuhen oder andere Betriebsmittel für die Wäscherei bis hin zu kombinierter Speisen- und Medikamentenversorgung und den Reinigungs- und Wartungsarbeiten erfordern eine abgestimmte Planung und transparente Beschaffungsstrategie. Wachsende Lagerbestände und lückenhafte Verbrauchsdokumentationen sind erste Anzeichen für verlustbringende Fehler im Einkaufsmanagement.

Vielen Kliniken brennen auch steigende Energiekosten sowie ein unübersichtlicher Energieverbrauch unter den Nägeln. In der Praxis kommt es häufig vor, dass ungenutzte Räume beheizt werden oder Anlagen am Stromkabel hängen, die gerade nicht benötigt werden. Fehlende Messungen über den tatsächlichen Stromverbrauch oder schlichte Unkenntnis über schlecht gedämmte Gebäudefassaden und Fenster erschweren die Entscheidung für wirkungsvolle Gegenmaßnahmen. »Das Hospital Engineering ist die Chance für eine richtige Weichenstellung in die Zukunft«, ist ISST-Forscher Thomas Königsmann überzeugt. ■

# Effizient kommunizieren

Spätestens, wenn mal wieder der Akku des Handys leer ist, wird jedem klar, dass mobile Kommunikation Energie verschlingt. Doch was die meisten übersehen: Der wahre Stromfresser ist das Mobilfunknetz. Das soll nun auf Diät gesetzt werden – vor allem, indem man die Funkleistung anpasst, um so den Energieverbrauch zu senken.

Text: Chris Löwer

Noch senden die Mobilfunkstationen tagaus, tagein mit voller Leistung. Könnte sich der Betrieb an den Bedarf anpassen, so ließe sich viel Energie sparen.

© Halfdark/avenueimages



Sie geben alles. Rund um die Uhr. Sieben Tage die Woche. In der Stadt und auf dem Land. Die 135 000 Basisstationen, mit denen allein deutsche Mobilfunkanbieter dafür sorgen, dass wir jederzeit unterwegs telefonieren und im Internet surfen können. Dabei ist derart voller Einsatz gar nicht nötig. Denn unser Kommunikationsbedarf schwankt – je nach Tageszeit, Region oder Saison. So könnte zum Beispiel ein Teil der Sendemasten eigentlich schlummern, wenn es dunkel wird. Doch bislang senden sie kontinuierlich mit voller Leistung weiter.

»Wenn sich der Betrieb der Sendemasten an den Bedarf anpassen ließe, könnten wir viel Energie sparen«, sagt Benjamin Schubert vom Fraunhofer-Institut für Nachrichtentechnik, Heinrich-Hertz-Institut HHI, der dort im Bereich Drahtlose Kommunikation und Netzwerke forscht. »Die größten Stromschlucker sind Basisstationen. Sie verbrauchen fast 80 Prozent der gesamten Energie von Mobilfunknetzen.« Daher gilt es, vor allem ihre unnötige Mehrarbeit so weit wie möglich zu verringern, ohne dass die Qualität der Handyverbindungen darunter leidet. Projektleiter Schubert und sein Team arbeiten im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (BMWi) in dem Projekt Communicate Green (ComGreen) daran, Mobilfunknetze energieeffizienter zu gestalten. Die Forscher wollen sozusagen die Funkleistung feinjustieren. So sollen ein Drittel des jetzigen Energieverbrauchs und bis zu zwei Millionen Tonnen CO<sub>2</sub> pro Jahr in Deutschland eingespart werden.

 [www.communicate-green.de](http://www.communicate-green.de)

Dazu setzen die Wissenschaftler auf eine Reihe von Maßnahmen – etwa das gezielte Abschalten von Funkzellen, wenn diese nicht genutzt werden, den Ruhezustand einzelner Hardwareelemente der Basisstation und – daran arbeiten die Experten des HHI – das Herunterfahren der Sendeleistung der Basisstation, wenn in einer Mobilfunkzelle wenig los ist.

Hintergrund: Handynetze sind in viele Funkzellen unterteilt. Jede dieser Zellen besitzt Sende- und Empfangsstationen, die Basisstationen. Je

mehr Menschen mobil telefonieren und Daten transferieren, desto mehr Basisstationen werden benötigt. Um stets eine gute Netzqualität zu gewährleisten, überlappen sich die Funkzellen. Die Sendeleistung läuft dabei immer auf Hochtouren, und so entsteht eine Überversorgung. Und die treibt den Energieverbrauch in die Höhe. Angesichts steigender Stromkosten sind daher allein schon die Netzbetreiber an einem energieeffizienteren Mobilfunk interessiert.

Doch die Aufgabe ist nicht trivial. »Man kann nicht einfach nachts die Sendeleistung verringern, denn dann verschlechtert sich die Verbindungsqualität und die Datenrate sinkt«, erklärt Benjamin Schubert. Der Ausweg: Die Sendeleistung lässt sich reduzieren, wenn zugleich auf bislang nicht genutzte Ressourcen einer Funkzelle zurückgegriffen wird. »Der Einsatz dieser Kapazitäten kompensiert die Verringerung der spektralen Effizienz, die angibt, welche Datenrate pro Hertz Bandbreite erzielt werden kann«, erklärt Schubert.

### Berechnung der Auslastung mit intelligenten Algorithmen

Grob lassen sich die Überkapazitäten durch die Erfahrungswerte der Mobilfunkanbieter steuern. Sie wissen, wann wie viel in ihren Netzen los ist. Um aber nicht benötigte Funkzellen und die dahinterliegende Hardware ruhen zu lassen sowie die Systeme automatisiert hoch- und herunterfahren zu können, braucht man detaillierte Vorhersagen. Die ComGreen-Forscher entwickeln dafür intelligente Algorithmen. Diese sind die Grundlage dafür, dass die künftige Auslastung prognostizierbar und ganze Netze energetisch optimiert werden können. Schubert: »So kann man jeden Nutzer an jedem Ort mit der tatsächlich benötigten statt der maximalen Funkleistung versorgen.« Natürlich hält auch diese Lösung Reservekapazitäten vor, damit man für unerwartete Ereignisse gewappnet ist.

Der Ansatz ist nicht reine Theorie, sondern wurde bereits praktisch mit Demonstratoren erprobt. Dabei zeigte sich auch, warum dynamisch geregelte Basisstationen ein hervorragendes

### Spektrale Effizienz

Die spektrale Effizienz gibt an, welche Datenrate pro Bandbreite erreicht wird, also: wie viel Bits pro Sekunde pro Hertz (bit/s/Hz). Will man beispielsweise die Datenrate vergrößern, muss man bei fester Bandbreite (zum Beispiel 10 MHz) die spektrale Effizienz erhöhen. Oder man lässt die Effizienz konstant, dann muss aber die genutzte Bandbreite vergrößert werden.

der Hebel dafür sind, um Energie zu sparen: Die Sendeleistung lässt sich nämlich innerhalb von Millisekunden anpassen. Der Haken: »Bislang gibt es noch keine Einstellmöglichkeiten. Dafür müssten die Hersteller der Hardware sorgen«, sagt Schubert.

Sendestationen ganz auszuschalten, gestaltet sich im Gegensatz zur Anpassung der Sendeleistung als noch wenig praktikabel: Denn bis diese aus dem Standby-Betrieb erwachen, kann das bis zu einer halben Stunde dauern – eine Ewigkeit. Nun wollen die Forscher Anforderungen an die Hardwarehersteller formulieren, nach denen Basisstationen so gebaut werden können, dass sie sich im Energiesparmodus betreiben lassen. Das gibt es bis dato nicht. »Außerdem muss eine neue Gerätegeneration ständiges An- und Ausschalten schadlos verkraften«, erklärt der HHI-Forscher. Die Frage ist dann, ob die Energieeinspareffekte im Verhältnis zu den hohen Investitionen in neue Anlagen stehen, damit sich der Aufwand für Mobilfunkanbieter rentiert.

In einem einjährigen Anschlussprojekt wollen die Forscher die noch offenen Fragen nun angehen. Letztlich ist es an Netzwerkausrüstern und Mobilfunkanbietern, für energieeffiziente Kommunikationstechnologien zu sorgen. Die Chancen dafür stehen gut, zumal an ComGreen die Deutsche Telekom als Netzbetreiber und Ericsson als Netzwerkausrüster beteiligt sind. Die Firmen nutzen schon heute die Erkenntnisse der Forscher, die auch in die internationale Standardisierung einfließen sollen. Hoffentlich heißt es dann bald: Gute Nacht, lieber Sendemast. ■



## Auf dem Flaggschiff

Zwei Forschungsfelder hat die EU-Kommission ausgewählt, um durch Entwicklung neuer Technologien Europa an die Weltspitze zu bringen. Eines dieser Flaggschiff-Projekte ist das »Human Brain Project«. Um die Funktion des menschlichen Gehirns zu verstehen, will ein internationales und interdisziplinäres Forscherteam das Gehirn mit supercomputer-basierten Modellen simulieren. Diese sollen dann genutzt werden, um neue Technologien zu entwickeln, die sich in der Neurowissenschaft, Medizin und Computertechnik einsetzen lassen. Mehr als 80 Forschergruppen – darunter auch zwei Fraunhofer-Institute – sind an diesem Vorhaben beteiligt.

In einem Teilprojekt wird die Hardware entwickelt, die notwendig ist, um Informationen an mehreren Stellen gleichzeitig zu verarbeiten – Vorbild ist hier unser Gehirn, das problemlos Bilder, die vom Auge kommen, akustische und taktile Reize gleichzeitig verarbeiten kann. Um einen Computer zu bauen, der ähnlich parallel arbeitet, müssen ganze Wafer miteinander verbunden werden. Die dafür notwendige Verdrahtungstechnik entwickeln die Forscher am Fraunhofer-Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration IZM in Berlin.

> In einem anderen Teilprojekt entwickeln Forscher des Fraunhofer-Instituts für Algorithmen und Wissenschaftliches Rechnen SCAI Software sowie numerische Algorithmen und Methoden, um neurowissenschaftliche Simulationen auf Hochleistungsrechnern zu nutzen.



## Energiewende

Öl, Gas und Kohle werden immer knapper. Der Energiebedarf der Zukunft lässt sich daher nur mit regenerativen Energiequellen stillen. Um die erneuerbaren Ressourcen besser und schneller zu erschließen, gründeten vor vier Jahren 75 Staaten die International Renewable Energy Agency, IRENA. Mittlerweile zählt die Organisation neben der EU 159 Mitglieder. Gemeinsam wollen sie Solarenergie, Windkraft, Biogas und Wasserkraft entwickeln, fördern und ausbauen.

Künftig wird das Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE in Freiburg eng mit IRENA zusammenarbeiten. Beim World Future Energy Summit in Abu Dhabi unterzeichneten die Partner im Januar 2013 ein Memorandum of Understanding. »Indem wir unsere Kräfte bündeln, wollen wir Synergien schaffen, welche die Entwicklung von Energieeffizienz und erneuerbaren Energien global beschleunigen«, erklärt ISE-Institutsleiter Prof. Eicke Weber bei der Vertragsunterzeichnung.

Forscher des Fraunhofer-Instituts arbeiten bereits seit der Gründung von IRENA im Jahr 2009 mit der Organisation zusammen. Unter anderem entwickelten die Wissenschaftler Methoden zur Kostenanalyse, die eingingen in die »Cost of renewable energy«-Studien. Derzeit untersuchen die Fachleute, wie sich erneuerbare Energien effektiv in die bestehenden Stromnetze integrieren lassen. Ein anderer Schwerpunkt ist die dezentrale Energieversorgung von ländlichen Gebieten, die bisher nicht ans Stromnetz angeschlossen sind.

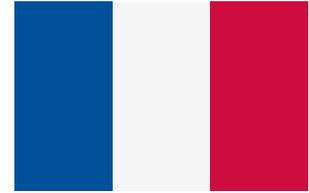


## Umweltfreundliche Häfen

Zeit ist Geld – beispielsweise, wenn ein Frachtschiff be- oder entladen werden muss. In Häfen haben Logistiker daher Prozesse so optimiert, dass alles reibungslos abläuft.

Doch Zeit ist nicht alles. Auch der Energieverbrauch kostet Geld. Ein internationales Forscherteam – darunter das Hamburger Fraunhofer-Center für Maritime Logistik und Dienstleistungen CML – will jetzt das Energiemanagement in See- und Binnenhäfen verbessern. Im EU-Projekt »Green Efforts« – »Green and Effective Operations at Terminals and in Ports« – sollen Möglichkeiten vorgestellt werden, um Energie besser zu nutzen und die CO<sub>2</sub>-Emissionen zu reduzieren.

Gemeinsam wollen die Forschungspartner jetzt Konzepte dafür entwickeln, wie sich regenerative Energien einsetzen, nutzen und speichern lassen. Um neue Umweltkonzepte entwerfen zu können, ist es wichtig, alle einzelnen Prozesse im Hafen und auf den Terminals genau zu kennen. »Aus diesem Grund entwickeln wir eine sogenannte »Port and Terminal Knowledge Landscape«, also eine Wissenslandkarte. Diese ermöglicht es uns, exakt festzustellen, wie hoch zum Beispiel der Energieverbrauch oder der CO<sub>2</sub>-Ausstoß an unterschiedlichen Stellen der Häfen und Terminals ist«, so Prof. Jens Froese, Projektkoordinator und Professor für Maritime Logistik an der Jacobs University Bremen.



## Sicherer mit Terahertz

Sprengstoff und Drogen sind schnell versteckt und schwer zu finden – für die Sicherheitskräfte ist das Aufspüren daher eine echte Herausforderung. Jetzt kann Technik helfen: Mit Terahertz-Wellen lassen sich viele gefährliche Stoffe schnell und sicher detektieren. Zusammen mit französischen Wissenschaftlern vom Institut Carnot Institut d'Electronique, de Microélectronique et de Nanotechnologie IEMN haben jetzt Fraunhofer-Forscher ein leistungsfähiges, schnelles und kosteneffizientes Detektorsystem entwickelt, mit dem beispielsweise Briefbomben aufspürbar sind.

»Für Detektionsaufgaben benötigt man zuverlässige, leistungsstarke, gleichzeitig aber auch kostengünstige Antennen und Detektoren«, erklärt Joachim Jonscheit vom Fraunhofer-Institut für Physikalische Messtechnik IPM in Kaiserslautern. Gemeinsam mit den französischen Kollegen hat er im Projekt ARTEMIS – die Abkürzung für Antenna aRays for Terahertz Material Material Identification and Security applications – eine neue Generation von praxis-taugliche Sende- und Empfangseinheiten erarbeitet: Diese bestehen primär aus kleinen Einheiten, die direkt auf ein Gallium-Arsenid-Substrat aufgebracht werden, sich dann aber zu großen Arrays kombinieren lassen. Das Design der Antennen übernahmen die Fraunhofer-Forscher, die Produktion die Experten in Frankreich..



## Dämmung aus dem Meer

Die Energiekosten steigen, immer mehr Hausbesitzer legen Wert auf eine gute Wärmedämmung. NeptuTherm®, ein Dämmstoff aus Meerespflanzenresten, ist besonders umweltverträglich und genauso wirksam wie herkömmliche Materialien.

Text: Isolde Rötzer

Neptunbälle am Strand. © Richard Meier

Sie sind klein, rund und pelzig: Neptunbälle, hellbraune Kugeln – auch Meerbälle genannt –, die vor allem am Mittelmeer an die Strände gespült werden. Sie bestehen aus abgestorbenen und durch die Wellen zusammengerollten Resten von Blattrippen und Blattscheiden des Seegrases *Posidonia Oceania*, einer Wasserpflanze, die in einer Tiefe von drei bis 40 Metern wächst. Der Architekt Richard Meier aus Karlsruhe entdeckte das Material bei einem Strandurlaub und entwickelte daraus in Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie ICT in Pfinztal bei Karlsruhe eine rein biologische Wärmedämmung für Gebäude.

»Meier gewann zunächst einen Preis der IKEA-Stiftung und meldete ein Patent an«, erzählt Projektleiterin Dr.-Ing. Gudrun Gräbe. Dann kam das ICT ins Spiel: »In einem gemeinsamen Projekt untersuchten wir anschließend, wie sich das Material am schonendsten gewinnen, transportieren und verarbeiten lässt. Außerdem haben wir die Wirtschaftlichkeit und die Marktchancen des Dämmstoffs bewertet.« Die ICT-Wissenschaftler begleiteten NeptuTherm® bis zur Zulassung als Baustoff im Jahr 2010, seit Frühjahr 2011 ist das Material am Markt erhältlich.

»Wir kommen bei NeptuTherm® komplett ohne chemische Zusätze aus. Lediglich Sand und Feinteile muss man heraussieben, anschließend wird das Material in einer Art Häcksler, den das ICT weiterentwickelt hat, zerkleinert, das ist alles«, beschreibt Meier den Bearbeitungsprozess. Die Fasern werden dann einfach per Hand entweder auf die oberste Geschossdecke aufgebracht, in Hohlräume im Dach oder an den Wänden gestopft. So lassen sich Fassaden gut dämmen. Aber auch Auf- und Einblasen ist möglich. Die Wärmedämmung des wolle-ähnlichen Baustoffs ist im Winter sehr gut, die Wärmeleitfähigkeit beträgt etwa 0,043 Watt pro Meter und ist damit vergleichbar mit allen anderen Materialien zur Gebäudedämmung. Gleichzeitig dient der Baustoff als Schallschutz und hält im Sommer das Gebäude kühl.

### Ein umweltverträglicher und energieeffizienter Dämmstoff

»Wir nehmen einen Abfallstoff aus dem Meer. Wenn der Dämmstoff nicht mehr gebraucht wird, kann er ganz einfach als Pflanzsubstrat der Gartenerde beigemischt werden. Sammeln, Transport und Verarbeitung erfolgen so umweltverträglich wie möglich. Im Vergleich

zu herkömmlichen Dämmstoffen wie Glas- und Steinwolle oder Schäumen benötigen wir bis zu 100-Mal weniger Primärenergie im Beschaffungs-, Herstellungs- und Verarbeitungsprozess«, erläutert der Architekt.

NeptuTherm® wird bisher vor allem zur nachträglichen Dämmung von Wohngebäuden eingesetzt. Doch der Kundenkreis wächst: »Wir haben beispielsweise gerade jetzt die oberste Geschossdecke einer denkmalgeschützten Schule in Krefeld gedämmt – hier wurden 160 Kubikmeter Dämmstoff in einer Dicke von 20 Zentimetern auf die Decke aufgebracht«, sagt Meier. Interessant ist das Material auch für Menschen, die ihre Häuser ökologisch bauen oder sanieren wollen.

Derzeit kommen die Neptunbälle aus Tunesien. »Dort sammeln Frauen nach der Orangen- und Olivenenernte im Winter die kleinen Kugeln am Strand. So unterstützen wir die Menschen vor Ort«, so Meier. Der Transport zu den Baustellen schließlich erfolgt zum Schutz des Dämmstoffs in Plastiksäcken. Die Kunden bezahlen dafür Pfand, damit sichergestellt ist, dass sie die Säcke zur mehrfachen Wiederverwendung an den Hersteller zurückgeben. ■

# Nicht nur sauber, sondern rein

Oberflächen mit photokatalytischen Eigenschaften bleiben lange sauber. Gleichzeitig können sie die Luft von Stickoxiden und anderen gesundheitsgefährdenden Substanzen reinigen. Die Fraunhofer-Allianz Photokatalyse entwickelt neue Titandioxidverbindungen, Beschichtungsverfahren und -Messtechniken.

Text: Isolde Rötzer

Algen oder Moose auf Dachziegeln oder Pflastersteinen? Kein Problem. Schon heute freuen sich Hausbesitzer in Deutschland über saubere Dächer und Einfahrten, dank besonderer Beschichtungen. Und schon bald sollen auch Fassaden, Gartenmöbel und Sonnenschirme sauber bleiben. Im Innenraum können die Schichten sogar Öle und Fette abbauen und das Entstehen von Mikrofilmen auf Herd, Klimaanlage oder Arbeitsfläche verhindern. Doch wie funktioniert diese Selbstreinigung? Zunächst wird die Oberfläche mit Photokatalysatoren wie zum Beispiel Nanopartikeln aus Titandioxid ( $\text{TiO}_2$ ), beschichtet. Bei der Bestrahlung mit Licht, erzeugen diese Radikale, die dann die organischen Bestandteile auf der Oberfläche zersetzen. In Japan wird schon lange mit den photokatalytischen

Eigenschaften von nanoskaligen Titiandioxidpartikeln gearbeitet, in Deutschland erst seit etwa zehn Jahren. Vor allem die Fraunhofer-Allianz Photokatalyse (siehe Kasten) forscht auf diesem Gebiet. Bisher haben die Wissenschaftler vor allem Beschichtungen entwickelt, die saubere Oberflächen garantieren. Die Pflastersteine entstanden in einer Kooperation zwischen dem Fraunhofer-Institut Molekularbiologie und Angewandte Oekologie IME und der Firma Nüdling. Forscher des Fraunhofer-Instituts für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik IGB arbeiten an Schichten, die Moose und Algen verhindern – etwa auf Gartenmöbeln. Interessant sind die Beschichtungen aber auch für die Medizintechnik. Wissenschaftler des IGB entwickeln gemeinsam ihren Kollegen vom Fraunhofer-Institut für Elektronenstrahl- und Plasmatechnik FEP mit  $\text{TiO}_2$ -beschichteten Zahnimplantaten, bei denen sich – wenn der Zahnarzt sie mit UV-Licht bestrahlt - Plaque-Beläge einfach entfernen lassen. Aber die photokatalytischen Schichten können noch viel mehr.

»Zurzeit verändert sich der Fokus innerhalb der Allianz«, sagt Dr. Michael Vergöhl, Sprecher der Allianz. »Weg von den sauberen Oberflächen hin zu einer besseren Luft- oder Wasserqualität. Auch antimikrobielle Beschichtungen sind ein wichtiges Thema.« Vor allem die Schadstoffbelastung der Luft ist heute ein großes Thema. Besonders unerwünscht: die Stickoxide ( $\text{NO}_x$ ). Die Europäische Union hat die Grenzwerte weiter verschärft, in vielen Kommunen werden sie überschritten. »An stark befahrenen Strecken besteht dringender Handlungsbedarf«, weiß Dr. Michael Hüben vom IME. »Aktive Beschichtungen helfen dabei, Stickoxide zu reduzieren.« An der A 4 bei Bergisch Gladbach werden jetzt beschichtete Schallschutzwand-Prüfkörper über zwei Jahre in bestimmten Abständen in einer am IME entwickelten Messzelle vermessen. Die Oberfläche des Prüfkörpers baut  $\text{NO}_x$  unter Lichteinfluss zu Nitrat ab. Ziel des gemeinsam mit der Bundesanstalt für Straßenwesen im Auftrag des Bundesverkehrsministeriums durchgeführten Projekts ist es, herauszufinden, wie viel Stickoxid abgebaut wird. Denn nur regelmäßige Messungen lassen sichere Rückschlüsse darauf

zu, wie die Schichten langfristig wirken. Erst dann kann man sicher sein, dass die Anstriche wirklich helfen und größere Flächen, wie etwa ganze Häuserzeilen wirtschaftlich mit aktiven Schichten versehen werden können. Damit ließe sich beispielsweise die Stickoxidbelastung in Ballungszentren senken.

Soll Titandioxid photokatalytisch aktiv werden, muss man es zunächst in Form winziger Nanoteilchen herstellen. Die hydrophile Wirkung kommt durch Sauerstoff-Leerstellen zustande, OH-Gruppen entstehen aus gebundenem Wasser, die  $\text{TiO}_2$ -Oberfläche lässt sich danach gut mit Wasser benetzen. »Mit einer photokatalytischen Oberfläche können die Zellwände von Mikroben, Algen oder Moosen angegriffen werden, bei Regen fließen anhaftende Partikel einfach ab«, erläutert Dr. Michael Vergöhl die Wirkungsweise. Titanoxid kommt in drei unterschiedlichen Modifikationen vor, die als Rutil, Brookit oder Anatas bezeichnet werden. Bei Anatas startet die photokatalytische Reaktion bei UV-Licht, sprich einer Wellenlänge von 365 Nanometern. Rutil reagiert auf sichtbares Licht bei 385 Nanometer.

### Beschichtung verlängert die Lebenszeit eines Möbelstücks

»Immer häufiger kommen die intelligenten Nanopartikel heute auch in Innenräumen zum Einsatz, wo sie etwa in Wandfarben oder als Möbellacke helfen, Gerüche oder Formaldehyd zu entfernen«, berichtet Vergöhl. Hier werden andere Modifikationen der Titiandioxidverbindungen benötigt als Anatas, da kein UV-Licht für die Reaktion zur Verfügung steht. Die Experten verändern deshalb beispielsweise mit Wolfram oder Zink die Kristallstruktur des  $\text{TiO}_2$ . So lässt sich die photokatalytische Reaktion mit sichtbarem Licht starten.

Forscher des Fraunhofer-Instituts für Silicatforschung ISC experimentieren mit künstlichen Zeolithen, die sie in Spanplatten integrieren. »Zeolithe sind hochporös und können gesundheitsschädliches Formaldehyd binden«, erklärt Dr. Gerhard Schottner vom ISC. Der Zeolith

### Fraunhofer-Allianz Photokatalyse

Acht Institute haben sich in der Fraunhofer-Allianz Photokatalyse zusammengeschlossen. Forschungsschwerpunkte sind die Untersuchung der speziellen Eigenschaften von verschiedenen Titandioxidverbindungen, Beschichtungstechniken sowie Prüf- und Messverfahren.

- Fraunhofer-Institut für Schicht- und Oberflächentechnik IST
- Fraunhofer-Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik IGB
- Fraunhofer-Institut Produktionstechnik und Automatisierung IPA
- Fraunhofer-Institut für Silicatforschung ISC
- Fraunhofer-Institut Molekularbiologie und Angewandte Oekologie IME
- Fraunhofer-Institut für Elektronenstrahl- und Plasmatechnik FEP
- Fraunhofer-Institut für Holzforschung, Wilhelm-Klauditz-Institut WKI
- Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM



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



Photokatalysatoren sowie deren Applikation auf unterschiedlichsten Substraten wie Glas, Kunststoffen und Metallen. © Ronald Frommann

alleine ist allerdings nach ein paar Jahren gesättigt. Jetzt soll zusätzlich die photokatalytische Wirkung von Titanoxid genutzt werden, um die positive Wirkung auf die Gesamtlebenszeit des Möbelstücks zu verlängern.

### Neue Normen und Standards für photokatalytische Beschichtungen

Aber wie wirken die Schichten? Bauen sie wirklich Gerüche oder Formaldehyd ab? Um diese Fragen zu beantworten, entwickeln Wissenschaftler des IST und des Fraunhofer-Instituts für Holzforschung, Wilhelm-Klauditz-Institut WKI, neue Messtechniken. Damit soll sich künftig die luftreinigende Wirkung der photokatalytischen Schichten in Innenräumen bewerten lassen. Mess- und Prüftechnik sind ein großer Schwerpunkt. »Experimentelle Messungen helfen uns, Normen und Zertifizierungen zu erarbeiten und

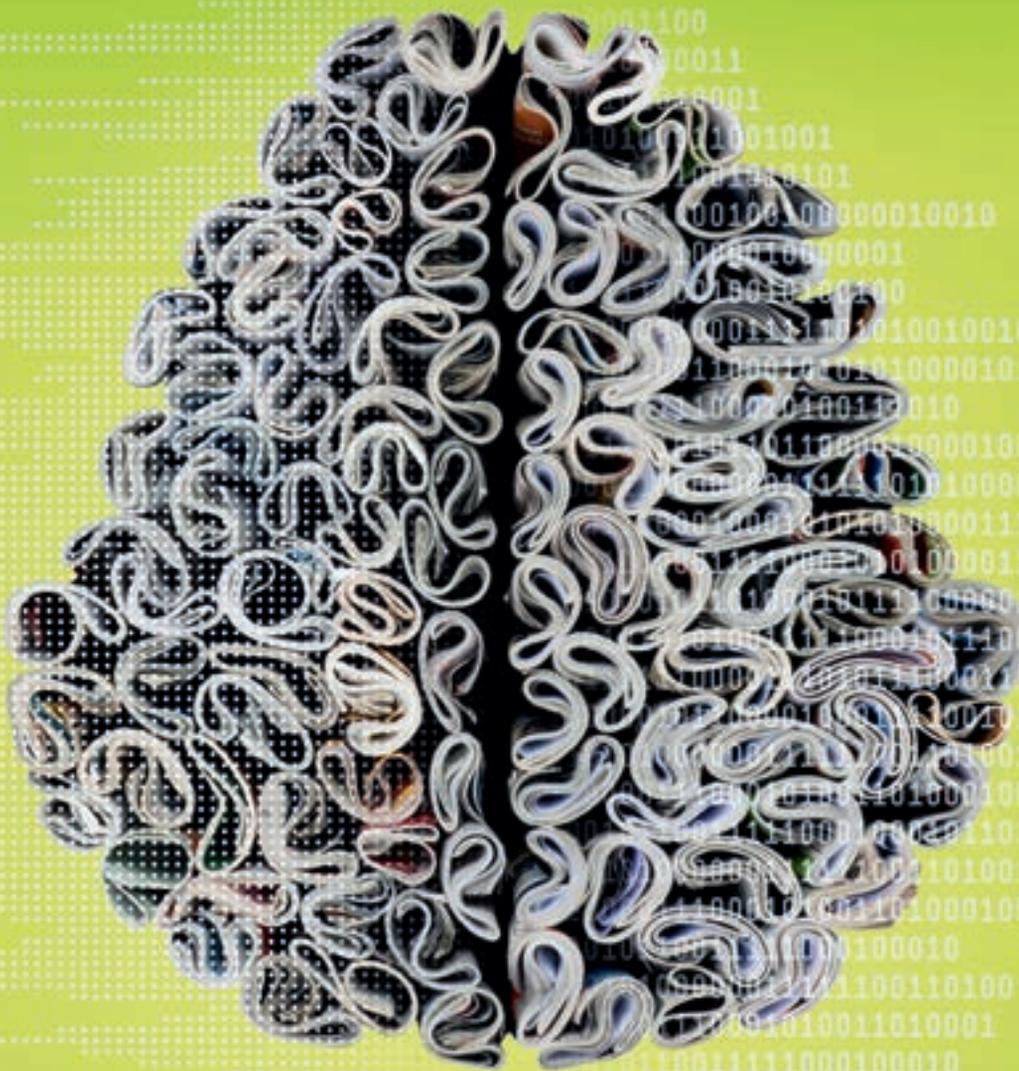
die bestehenden Prüfverfahren zu standardisieren«, sagt Dipl.-Ing. Frank Neumann vom IST, der gleichzeitig Leiter der deutschen DIN Ad-hoc-Arbeitsgruppe für photokatalytische Selbstreinigung ist. »Es gibt schon heute zahlreiche Produkte zur Behandlung von Oberflächen – auch für den Innenbereich. Allerdings ist die nach ISO 22197-1 standardisierte Messmethode, nicht auf alle Problemstellungen anwendbar.« Im Moment erarbeitet sein Gremium zusammen mit den Partnern aus der Allianz neue Standards für  $\text{TiO}_2$ -Beschichtungen. »Erst dann können Verbraucher sicher sein, dass bei der Photokatalyse keine gesundheitsschädlichen Abbauprodukte anfallen und die Oberflächen eine lange Lebensdauer haben«, sagt Dr. Simone Kondruweit, Pressesprecherin der Allianz. Doch wie lassen sich die verschiedenen Oberflächen mit den photokatalytischen Schichten versehen. Die eingesetzten Techniken hängen

von der jeweiligen Anwendung ab: Am ISC nutzt man für die Beschichtung meist die Sol-Gel-Technik, ein nasschemisches Verfahren, mit dem sich etwa Fenster behandeln lassen. »Wir stellen gerade Titandioxidpigmente her, die unsere Kollegen am IPA Wasserlackfarben zugeben und erhalten so Fassadenfarben mit photokatalytischen Eigenschaften«, berichtet Schottner. Fassaden sollen so länger trocken und frei von Mikroorganismen bleiben. Wissenschaftler des Fraunhofer-Instituts für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM, des IST und des FEP beschichten die Proben meist im Vakuum, Sputtern lautet der Fachbegriff. »Dieses Verfahren ist teurer und eignet sich eher für die Fertigung von Bauteilen, wie etwa Glasfenster oder Keramikfliesen«, sagt Schottner. ■



[www.fraunhofer.de/audio](http://www.fraunhofer.de/audio)  
online ab 08.04.2013

# weiter.vorn, so oder so.



weiter.vorn präsentiert  
das Neueste aus Forschung,  
Technik und Innovation – für  
Unternehmen mit Zukunft.

Wenn Ihnen das Heft gefällt,  
fordern Sie Ihr kostenloses  
Abonnement an.



Ab April 2013 gibt es  
das Fraunhofer-Magazin  
weiter.vorn wieder als  
iPad-App zum kostenlosen  
Download.

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

# Besser schmieren

Superschmierung lässt Reibung gegen null gehen und reduziert so Verschleiß und Energieverbrauch. Der Schlüssel: eine Kombination aus diamantähnlichen Schichten mit speziell darauf abgestimmten Schmierstoffen.

Text: Michaela Neuner

Für sichere Bodenhaftung oder beim Bremsen ist Reibung durchaus erwünscht. Im Antriebsstrang von Fahrzeugen schluckt sie dagegen nur unnötig Energie: Von 50 Litern im Tank eines Pkw müssen gut acht Liter allein dafür aufgewendet werden, um Reibungskräfte in Motor und Getriebe zu überwinden. Sie entstehen jedes Mal dann, wenn sich Ventile öffnen oder schließen, Kolben bewegen oder Achsen und Lager drehen.

Gemeinsam mit einem Automobilhersteller und sechs Zulieferern arbeiten zwei Fraunhofer-Institute an Schicht-Schmierstoff-Kombinationen, die Reibungsverluste im Antriebsstrang von Kraftfahrzeugen gegen null gehen lassen. Die Forscher nutzen den Effekt der »Superschmierfähigkeit«, der sich mit besonders harten Varianten diamantähnlicher Kohlenstoffschichten (DLC) erzielen lässt – auch »Superlubricity« genannt. Das Projekt »Pegasus« wird vom Bundeswirtschaftsministerium (BMWi) gefördert.

Superschmierfähigkeit beginnt ab einem Reibungskoeffizienten von 0,04. Zum Vergleich: Bewegt sich Stahl auf Stahl – geschmiert durch ein klassisches Motorenöl –, liegt der Reibungskoeffizient bei 0,15. Wird einer der Reibpartner mit DLC beschichtet, reduziert sich dieser Wert bereits um ein Drittel auf circa 0,10. Kombiniert man wasserstofffreie Kohlenstoffschichten mit einem speziell abgestimm-

ten Schmiermittel, verringert dies die Reibung weiter: »In unseren Tests haben wir Reibwerte von 0,02 gemessen«, berichtet Prof. Dr. Andreas Leson vom Fraunhofer-Institut für Werkstoff- und Strahltechnik IWS in Dresden. Der Grad der Reibung ist jedoch nicht nur von Oberflächenbeschaffenheit und Schmierung abhängig. Wichtig sind auch Größen wie Drehmoment, Drehzahl und Temperatur. Im Fall des in Pegasus untersuchten Hinterachsgetriebes konnten die getesteten Schicht-Schmierstoff-Kombinationen vor allem bei hohen Gleitgeschwindigkeiten und niedrigen Drehmomenten punkten, wie sie für Autobahnfahrten typisch sind. Hier sank die Verlustleistung um bis zu 18 Prozent.

## Die EU hat die Abgasnormen verschärft

»Das Wundermittel, das immer hilft, das gibt es zwar auch hier nicht«, stellt Leson klar. »Trotzdem ist dieser Ansatz wirtschaftlich selbst dann interessant, wenn man die Energieeffizienz eines Motors nur für einen Teil des gesamten Spektrums möglicher Fahrsituationen verbessern kann«, betont er. Dazu tragen auch die schärfer werdenden Abgasnormen bei: EU-weite Regelungen senken seit 2012 stufenweise die erlaubten CO<sub>2</sub>-Emissionswerte für die Neufahrzeugflotten der Hersteller. 2015 sollen durchschnittliche Flottenwerte von 120 g/km erreicht werden.

Mit einer speziellen Schicht-Schmierstoff-Kombination beschichteten Kolbenbolzen und Kolbenringe zur Reibungsreduzierung und zum Verschleißschutz. © Fraunhofer IWS





Die Kohlenstoffschichten reduzieren jedoch nicht nur Energieverbrauch und Abgase, sie schützen auch vor Korrosion und Verschleiß. In den Motoren von Formel-1-Boliden sind diamantähnliche Kohlenstoffschichten auf hoch belasteten Motorenkomponenten wie Nockenwellen, Kolben oder Ventilen mittlerweile Standard. Auch bei vielen Serienfahrzeugen schützen sie bereits besonders beanspruchte Komponenten. Zum Einsatz kommen hier bislang amorphe, wasserstoffhaltige Varianten (a-C:H) der DLC-Familie. »Unser Augenmerk liegt mehr auf den wasserstofffreien, tetraedrisch gebundenen Schichten«, berichtet Leson. Die ta-C-Schichten sind deutlich härter und verschleißbeständiger als a-C:H-Schichten, dafür jedoch schwieriger zu verarbeiten.

»Bei den tetraedrisch gebundenen Kohlenstoffschichten besteht noch großer Entwicklungsbedarf. Aber ich bin mir sicher, dass wir sie demnächst auch bei Serienfahrzeugen im Motorenbau oder im Antriebsstrang sehen werden. Sie haben letztendlich das größte Potenzial«, prognostiziert Leson. Die in Pegasus untersuchte Variante basiert auf der am IWS entwickelten Diamor®-Beschichtung. Sie erreicht bis zu 70 Prozent der Härte von Diamant.

Mindert bereits eine Beschichtung Verschleiß und Reibung, wirkt sich das auch günstig auf Art und Konsistenz des Schmierstoffs aus. So wäre es beispielsweise möglich, Hinterachsgetriebe mit dünnflüssigerem und deutlich weniger Öl

zu betreiben als bisher. »Bei manchen Anwendungen könnte man sogar ganz auf Öl verzichten oder auf eine wasserbasierte Schmierung übergehen«, sagt Andreas Leson. Was dann auch die Gefahr von Verunreinigungen durch Öl – etwa bei der Herstellung von Lebensmitteln oder Medikamenten – von vornherein ausschliesse.

Ein Nachteil der harten, hochgradig diamantähnlichen Kohlenstoffschichten ist, dass sie bislang relativ spröde und wenig biegsam sind. Zudem können sie mit den etablierten Beschichtungsprozessen nur auf Oberflächen aufgebracht werden, die keine abschattenden Vorsprünge, Kanten oder Höhlungen aufweisen. Neben a-C:H- und ta-C-Schichten wurden in Pegasus deshalb auch reibungsmindernde Schichten auf siliziumorganischer Basis untersucht, mit denen selbst komplexe und elastische Teile relativ einfach und in großen Stückzahlen beschichtet werden können.

Im Fokus der Wissenschaftler standen dabei Gummidichtungen an Radlagern und Antriebswellen, die das Austreten von Schmierstoffen und das Eindringen von Schmutz verhindern. »Diese Gummilippen sind zwar bereits so gestaltet, dass sie gut gleiten. Trotzdem macht die Gummireibung bei Wälzlagern noch immer rund 50 Prozent der Reibung aus. Wenn man hier die Reibung verringert, lässt sich einiges an Energie einsparen«, berichtet Dr. Dominik Paulkowski vom Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM in Bremen.

### Reibung und Verschleiß werden deutlich verringert

Da Gummi gegen jede Oberfläche einen hohen Reibwert hat, bringt es wenig, nur die Teile reibungsmindernd zu beschichten, über die die Elastomere gleiten sollen. »Man muss das Gummi isolieren, sonst verändert sich nichts«, stellt Paulkowski fest. Mit siliziumorganischen Plasmapolymerschichten funktioniert das – auch bei komplexeren Geometrien – mittlerweile sehr gut, berichtet er: »Wir konnten Reibung und Verschleiß stark verringern, ohne Abstriche bei der Dichtigkeit in Kauf nehmen zu müssen. Tests an Modellprüfständen zeigen uns im ölgeschmierten System bis zu 55 Prozent und bei Einsatz von Serienschmierfetten maximal 70 Prozent Reibungsminderung.«

Weitere Fortschritte versprechen sich die Fraunhofer-Forscher von reibungsmindernden Oberflächenstrukturen auf Gummidichtungen in Kombination mit a-C:H-Kohlenstoffschichten. Die Beschichtung soll die fragilen Strukturen vor Verschleiß schützen. Deshalb wollen die Wissenschaftler in einem Nachfolgeprojekt von Pegasus nun ein serientaugliches Verfahren entwickeln, mit dem sich polymerartige DLC-Schichten auch auf Dichtungen abscheiden lassen. Das Ziel ist eine hochgleitfähige Schicht, die extrem widerstandsfähig ist und sich trotz des nachgiebigen Trägermaterials nicht abreißt. ■

# Farbe für die Solarfassade

Gebäudeplaner sind beim Einbau von Photovoltaik-elementen auf schwarze oder bläulichgraue Solarmodule angewiesen. Mithilfe der Dünnschichttechnik machen Forscher aus den Zellen nun bunte Designobjekte.

Text: Andreas Beuthner

Die Fotomontage zeigt wie das Gebäude des Fraunhofer IAO in Stuttgart mit einer »efficient design«-Solarfassade gestaltet werden könnte.  
Graphik © Fraunhofer IOF



Wer Dach oder Fassade aus energetischen Gründen mit standardisierten Sonnenkollektoren verkleidet, verändert das ursprüngliche Erscheinungsbild – nicht immer zum Vorteil des Gebäudes. Denn bislang gibt es meist nur dunkle Photovoltaikmodule auf dem Markt. »Die gezielte Vereinigung von Photovoltaik- und Designelementen, die dem Begriff von »customized Photovoltaik« gerecht wird, ist bisher nur unzureichend realisiert«, konstatiert Kevin Füchsel, Projektleiter am Fraunhofer-Institut für Angewandte Optik und Feinmechanik IOF in Jena.

Das lässt sich ändern. Der IOF-Physiker befasst sich seit vier Jahren in einer vom Bundesforschungsministerium (BMBF) geförderten Nachwuchsgruppe mit nanostrukturierten Solarzellen, die für die industrielle Herstellung geeignet sind. Zusammen mit einem Fraunhofer-Team und Wissenschaftlern der Friedrich-Schiller-Universität in Jena suchen die Optikspezialisten nach kosteneffizienten Techniken und Fabrika-

tionsprozessen, die sowohl den Wirkungsgrad von Solarmodulen erhöhen als auch mehr Gestaltungsmöglichkeiten für Architekten und Gebäudeplaner bieten.

## Bunte Solarzellen aus hauchdünnen Siliziumwafern

Derzeit erarbeitet Füchsel mit seinem »efficient design«-Team die Grundlagen für bunte Solarzellen aus hauchdünnen Siliziumwafern, die sich besonders für Designfassaden und Hausdächer eignen. Das einige Mikrometer dicke Halbleitermaterial Silizium absorbiert Licht und wandelt es in Strom um. Damit viel Licht in das Siliziumsubstrat gelangt, erhält die Halbleiterschicht eine optisch neutrale Schutzbarriere (Insulator), auf die eine weitere hundert Nanometer dicke Oxidschicht in einem als Sputterverfahren bekannten Bearbeitungsprozess aufgetragen wird. Dieses Transparent Conductive Oxid (TCO) ist leitfähig und hilft in erster Linie dabei, möglichst

viele Lichtteilchen in die darunter liegende Halbleiterschicht zu lenken. »Das TCO hat eine geringere Brechzahl als Silizium, daher wirkt es als Entspiegelungsschicht«, erläutert Füchsel.

Der einfache Schichtaufbau dieser SIS-Solarzelle (Semiconductor-Insulator-Semiconductor) mit der transparenten Frontschicht hat einen weiteren Vorteil: Man kann damit nicht nur mehr Licht einfangen. Die Module lassen sich zudem in verschiedenen Farben und Formen gestalten. »Die Farbe erhalten wir dadurch, dass wir die physikalische Dicke des transparent leitfähigen Oxids variieren oder die Brechzahl verändern«, erklärt der Physiker. Den Forschern aus Jena ist es damit gelungen, waferbasierte Siliziumphotovoltaik mit Prozessen der Dünnschichtphotovoltaik zu verbinden. Dank des Sputterprozesses lassen sich die Module einfach und kostengünstig fertigen – ohne den Einsatz von chemischen Mitteln. Auch bei der Auswahl des Beschichtungsmaterials gehen die Forscher in-



novative Wege: Während heute meist das teure Indiumzinnoxid (ITO) benutzt wird, arbeitet man im IOF-Labor am Einsatz von kostengünstigerem Zinkoxid, dem Aluminium beigemischt wird. Neben der SIS-Solarzelle ermöglichen aber auch Farbstoffsolarmodule und flexible organische Solarzellen neue Möglichkeiten bei der Gestaltung von Fassaden.

Aber wie wirkt sich die Farbe auf die Effizienz der neuen SIS-Module aus? Erzeugen sie deutlich weniger Strom? Nein, große Abstriche beim Wirkungsgrad farbiger Solarzellen mussten die IOF-Forscher nicht machen. Die zusätzliche, transparente TCO-Schicht hat kaum Einfluss auf die Stromausbeute. Simulationen ergaben, dass SIS-Zellen einen Wirkungsgrad von bis zu 20 Prozent erreichen können. Wie hoch die elektrische Ausbeute in der Praxis tatsächlich sein wird, hängt von dem gewünschten Design der Photovoltaikmodule und der Gebäudeausrichtung ab.

Nicht mit jedem Farbton lässt sich gleich viel Strom gewinnen. Einschränkungen gibt es beispielsweise bei bestimmten Mischungen aus den Farben Rot, Blau und Grün. Will man eine ungewöhnliche Farbe erzeugen, kann es passieren, dass man mehrere Oxidschichten kombinieren muss. Dann ist abzuwägen, ob der gewünschte Effekt nicht durch den Einsatz einer maßgeschneiderten Einzelschicht realisierbar ist. In diesem Fall sind weitere Optimierungsschritte notwendig.

#### Denkbar ist eine mehrfarbige Gestaltung der Zellen

Um mehrere Solarzellen zu einem großflächigen Modul verschalten zu können, wollen die IOF-Wissenschaftler laserbasierte optische Lötverfahren nutzen. Sie ermöglichen mikrometerfeines Arbeiten, ohne das umgebende Material zu beschädigen. Außerdem arbeiten die Forscher daran, die leitfähige TCO-Schicht per

Inkjet-Druckverfahren auf dem Siliziumwafer zu kontaktieren. Das hilft nicht nur dabei, die Herstellung der Solarzellen zu beschleunigen und damit die Produktionskosten weiter zu senken, sondern ermöglicht auch zusätzliche Freiheitsgrade im Design. So lassen sich künftig sogar große Schriftzüge oder gut sichtbare Firmenlogos fertigen.

Die Forscher haben aber noch weitere Ideen: Selbst großflächige Werbetafeln, die ihren eigenen Strom erzeugen, wären mit SIS-Solarzellen möglich. Sowohl die mehrfarbige Gestaltung der Zellen, als auch die Integration von gestalterischen Elementen auf Solarzellen und Modulen wurden bereits patentrechtlich geschützt. »Damit eröffnen sich vielseitige Möglichkeiten, ein Gebäude als Informationsträger mit Firmennamen, Logos oder künstlerischen Bildern einzusetzen«, betont Füssel. »Mit unserer Idee bekommt man quasi zu seiner Designfassade die Photovoltaik als Bonus dazu«. ■

# Roboter als Retter

Bei Naturkatastrophen, Terroranschlägen und größeren Industrieunfällen brauchen Rettungskräfte rasch Informationen aus den zerstörten Gebieten, um ihren Einsatz planen und möglichst viele Opfer bergen zu können. Künftig sollen sie bei der Lagebeurteilung von vernetzten Robotern und Sensoren unterstützt werden.

Text: Bernd Müller

Eine Rettungskraft sucht mit Hilfe eines Hundes nach verschütteten Einsturzopfern. © EPA/CLAUDIO REYES/Reuters



Vernetzte Aufklärung mit fliegenden Robotern, die mit IR-Kameras ausgestattet sind und aufzeigen können, wie umfangreich die Zerstörung ist und ob es überlebende Opfer gibt. © Bernd Müller/Fraunhofer

Die Erde bebt, Häuser stürzen ein, überall Trümmer und Verletzte. Die ersten Rettungskräfte rücken an, doch viele Straßen sind unpassierbar. Wo wurden Menschen verschüttet, wo sind noch freie Straßen, wo müssen Brände gelöscht werden? Fragen, auf die die Retter jetzt dringend Antworten brauchen, damit sie ihren Einsatz koordinieren können. Denn den Opfern läuft die Zeit davon: Nach 72 Stunden sinke die Überlebenschance von Verschütteten rapide, sagt die International Search and Rescue Advisory Group.

Antworten soll SENEKA liefern. Das Kürzel steht für »Sensornetzwerk mit mobilen Robotern für das Katastrophenmanagement«. Fünf Fraunhofer-Institute sind an dem Projekt beteiligt, das von der Fraunhofer-Gesellschaft im Programm »Märkte von Übermorgen« gefördert wird. 4,5 Millionen Euro gibt es für drei Jahre, um Konzepte und Komponenten zu entwickeln, die Roboter, Sensoren und Rettungskräfte vernetzen. Denn daran haperte es bisher. Zwar wurden schon 2001 bei der Bergung der Opfer am World Trade Center ferngesteuerte Roboter eingesetzt, auch nach der Reaktorkatastrophe in Fukushima 2011 erkundeten Roboter das Gelände. »Aber die waren fast wirkungslos«, sagt SENEKA-Projektleiter Helge-Björn Kuntze vom Fraunhofer-Institut für Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung IOSB in Karlsruhe. Zu wenige Roboter und eine fehlende Koordination der Roboter und Sensoren untereinander auf dem riesigen Gelände seien die Gründe gewesen.

Mit SENEKA soll das besser werden. Roboter und Sensoren bilden einen über Funk vernetzten Schwarm, der die Lagebeurteilung erheblich beschleunigt. Dadurch lässt sich zerstörtes Gelände etwa in Chemieparcs oder Kraftwerken erkunden. Je nach Einsatzort kommen unterschiedlich ausgestattete Roboter zum Einsatz, zum Beispiel mit Gassensoren im Umfeld von Chemieanlagen oder mit Infrarotkameras bei verschütteten Menschen in Wohngebieten. Vor allem können Roboter und Sensoren je nach Bedarf rasch ausgetauscht werden, ohne dass das Kommunikationsnetz zusammenbricht.

Ein Einsatz läuft dann etwa so ab: Um sich einen Überblick über die betroffenen Gebiete zu verschaffen, setzt die Leitstelle zunächst fliegende Roboter (zum Beispiel Oktokopter) mit Sensoren und Kameras ein. Sie liefern Karten und Hinweise darüber, welche Wege für Menschen und Bodenroboter noch passierbar sind. Auf diese Weitbereichsaufklärung folgt die Nahbereichsaufklärung, etwa von Gebäuden, wo verletzte

Personen oder gefährliche Stoffe sein könnten. Dazu werden Bodenroboter und niedrig fliegende Quadrokopter losgeschickt, die ebenfalls mit Kameras sowie mit zahlreichen Sensoren ausgerüstet sind. Diese spüren gefährliche Gase auf, melden Brände, entdecken verletzte Personen anhand von Wärme- und Bewegungsmeldern. Schnelle Bildauswerteprogramme verknüpfen die Bilder »von unten« mit den Bildern der fliegenden Roboter zu dreidimensionalen Karten. Die Koordinatoren des Einsatzes können am Computer regelrecht durch die Landschaft und über zerstörte Gebäude fliegen und sich einen Eindruck von der Umgebung verschaffen, ohne selbst dort gewesen zu sein. So wissen Retter und Hundestaffeln schnell, wo sie dringend gebraucht werden.

Nach der Aufklärung untersuchen die Retter mit Kameras und Multisensoren verschüttete Gebäude. Oder sie lassen miniaturisierte autonome Billigsensoren in die Hohlräume von Trümmern einrieseln, um verschüttete Personen oder gefährliche Stoffe aufzuspüren. Manche sind mit Mikrofon und Lautsprecher ausgestattet, damit die Verschütteten mit den Rettern Kontakt aufnehmen können. Solche autonomen Sensorkugeln in der Größe eines Tennisballs und kleiner erarbeiten das Fraunhofer-Institut für Physikalische Messtechnik IPM in Freiburg, das Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA in Stuttgart.

### Drahtlose Netzwerke übertragen Informationen aus Gefahrengebiet

Die Funkübertragung geschieht mit drahtlosen Kommunikationsknoten, die das Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen IIS in Erlangen entwickelt. Sie senden die Messwerte der Sensoren per Funk an benachbarte Knoten weiter, bis die Daten schließlich in der Lagezentrale eintreffen. Solche engmaschigen, drahtlosen Netzwerke sind die beste Lösung, um Informationen aus Gebieten zu übertragen, in denen Gebäude und Mobilfunknetze zerstört sind und wo Schuttberge eine direkte Verbindung zwischen Sensor und Zentrale verhindern. Für die unterschiedlichen Sensorträger gibt es drei verschiedene SENEKA-Kommunikationsknoten: montiert auf fahrenden und fliegenden Robotern, eingebaut in einen tragbaren Koffer und eingebettet in den kleinen autonomen Sensorkugeln.

Helge-Björn Kuntze hat im vergangenen Jahr das SENEKA-Projekt auf der Homeland-Security-Konferenz in Boston vorgestellt und ist dabei auf viel Interesse gestoßen. In den USA gebe

es nichts Vergleichbares. Amerikanische und japanische Kollegen hätten vor allem Bergungsroboter vorgeführt, die ferngesteuert Menschen bergen oder Sprengstoff entschärfen. Der Einsatz von vernetzten Robotern und Sensoren für die schnelle Aufklärung und Suche von Opfern und Gefahrenquellen ist weltweit noch Gegenstand der Forschung. Forschungsprojekte dazu gibt es überwiegend in Europa, weniger in Amerika und Japan.

Damit die fünf Fraunhofer-Institute nicht am Bedarf vorbei entwickeln, haben sie sich kompetente Partner gesucht. Das Technische Hilfswerk sowie die Feuerwehren in Berlin und Mannheim sind als Berater im Projekt dabei. Am Ende werden sie auf dem Testfeld der Bundesakademie für Krisenmanagement, Notfallplanung und Zivilschutz in Bad Neuenahr-Ahrweiler simulierte Einsätze an zerstörten Gebäuden durchspielen.

Das SENEKA-Konzept ist nicht auf Erdbeben beschränkt. Für die Feuerwehr Mannheim sind vor allem Unfälle in Chemiewerken ein Thema. Denn sie wird zu Hilfe gerufen, wenn sich auf den Werksgeländen der großen Chemieparcs der Umgebung ein größerer Unfall ereignet hat. Dort geht es neben dem Finden von Opfern besonders um eine schnelle Einschätzung, wo welche Chemikalien austreten und welche Gefahr von ihnen ausgeht. Schon jetzt ist es absehbar, dass nach Abschluss von SENEKA Ende 2014 weitere Projekte folgen werden, die sich mit solchen Szenarien beschäftigen. Ideen dazu gibt es zuhauf: So könnten die Sensorknoten auch in die Kleidung der Feuerwehrleute integriert werden.

Eine Konstante gibt es in all diesen Szenarien: den Menschen. Trotz sämtlicher Erfolge bei vollautonomen Multisensor-Robotern in der Industrie, werden im SENEKA-Konzept nur teilautonome Boden- und Luftroboter eingesetzt. Autonomie ist lediglich für die Phasen des Katastrophenmanagements vorgesehen, in denen Opfer und Rettungskräfte vor Gefahren geschützt werden sollen. Die Einsatzleitung behält immer die Kontrolle, welche Roboter sie benützt und wohin diese fliegen oder fahren. Helge-Björn Kuntze ist davon überzeugt, dass das der Grund war, warum SENEKA als eines von nur acht Projekten den Zuschlag für die großzügige Förderung im Programm »Märkte von Übermorgen« bekommen hat: »Retter, Hunde und Technik bilden bei SENEKA eine Einheit.« ■



[www.fraunhofer.de/audio](http://www.fraunhofer.de/audio)  
online ab 13.05.2013

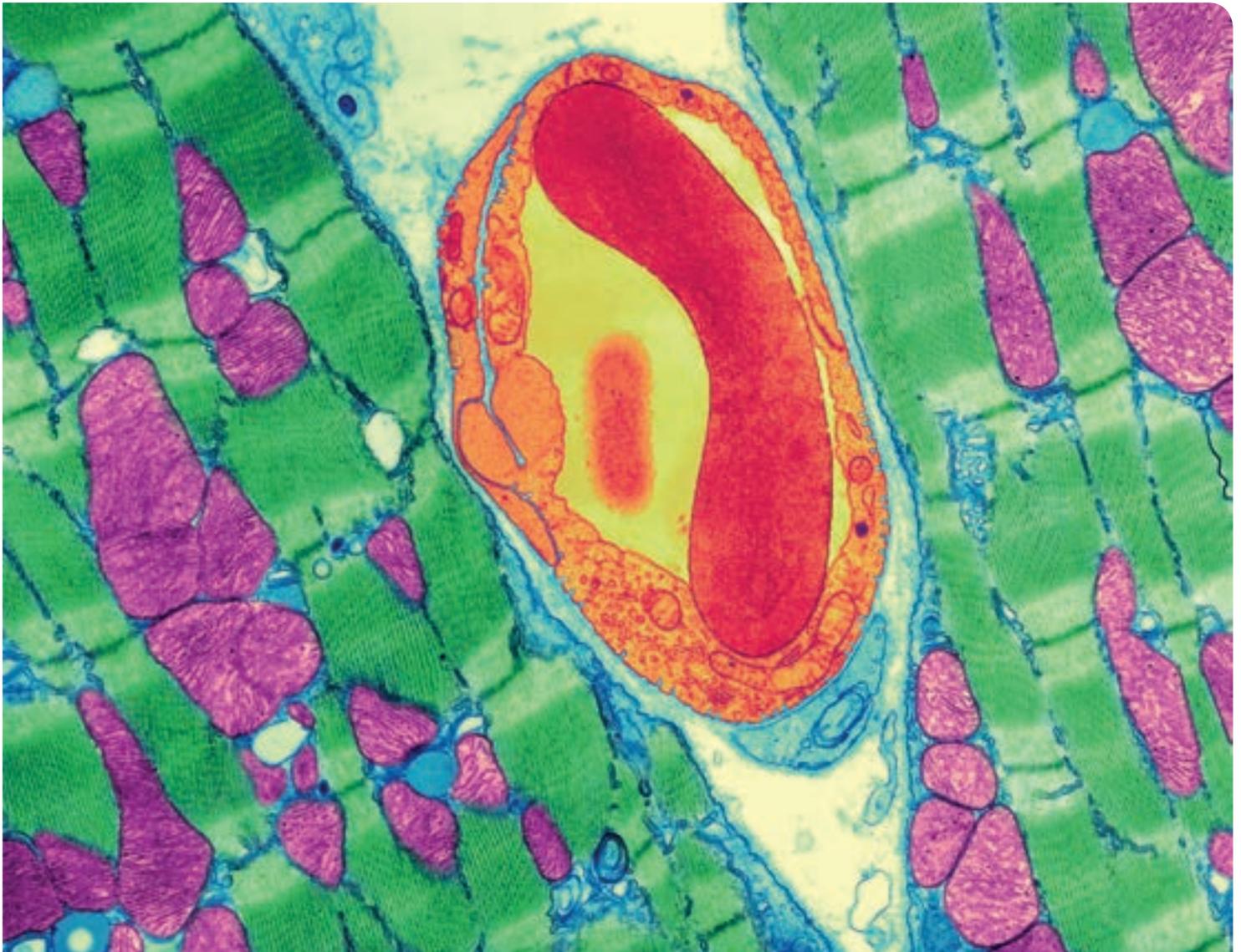
Blick ins Herz: In der gefärbten Elektronenmikroskop-Aufnahme erscheinen die Herzmuskelzellen grün und die Blutzellen rot. © Thomas Deerinck, NCMIR/SPL



# Herzmuskelzellen aus der Petrischale

Ein Infarkt kann verheerende Folgen für die Herzmuskelzellen haben. Viele Patienten leiden lebenslang an den Folgen. Zusammen mit einer Gruppe hochkarätiger Stammzellforscher aus den USA entwickeln Fraunhofer-Wissenschaftler jetzt eine Methode, mit der sich geschädigte Zellen ersetzen lassen.

Text: Monika Weiner



Das Herz ist der Pulsgeber des Lebens. Durchschnittlich 60 bis 100 Mal schlägt es pro Minute. Mehr als tausend Liter Blut pro Tag werden so durch den menschlichen Kreislauf gepumpt. Der stete Strom sorgt dafür, dass Muskeln, Leber, Nieren und Gehirn immer ausreichend mit Sauerstoff und Glukose versorgt werden. Ohne die unermüdliche Leistung des Herzens überleben wir nicht einmal Minuten. Selbst kleine Störungen können den Menschen schwer beeinträchtigen: Ist das Herz für einen kurzen Moment zu schlecht durchblutet, beispielsweise, weil eins der Herzkranzgefäße den Strom blockiert, sterben innerhalb kürzester Zeit Herzmuskelzellen ab. Der Herzinfarkt ist eine der häufigsten Todesursachen – allein in Deutschland sterben jährlich 250 000 Menschen daran, weltweit sind es mehrere Millionen.

Dank guter und schneller medizinischer Versorgung werden die Chancen, einen Infarkt zu überleben, zwar immer besser, doch die Patienten leiden oft lebenslang unter den Folgen: Weil sich die Herzmuskelzellen beim erwachsenen Menschen nicht mehr regenerieren, bleibt die Pumpleistung und damit auch die Lebensqualität häufig reduziert.

Forscher auf der ganzen Welt arbeiten daher an neuen Therapien. »Schon seit längerem wird versucht, die abgestorbenen Zellen durch frische zu ersetzen«, erklärt Prof. Dr. Katja Schenke-Layland. »Allerdings haben »adulte« Stammzellen, die man bisher in Forschung und Entwicklung sowie in ersten klinischen Studien verwendete, nicht den erhofften Erfolg gebracht: Sie verbessern zwar die Durchblutung, jedoch integrieren sie sich nicht ins Gewebe und, wichtiger, sie können sich nicht in voll funktionstüchtige Herzmuskelzellen entwickeln.« Das Problem: Adulte Stammzellen, die beispielsweise aus dem Rückenmark des Patienten entnommen werden, sind schon sehr weit ausdifferenziert und daher nicht mehr besonders anpassungsfähig.

### Die Zelle für alle Gelegenheiten

Eine Erfolg versprechende Alternative sind körpereigene Vorläuferzellen, die sich noch in einem früheren Entwicklungsstadium befinden und daher anpassungsfähiger sind. »Diese Zellen haben das Potenzial, funktionelles Herzmuskelgewebe zu bilden«, erläutert die Biologin. Zusammen mit einem Forscherteam von der University of California Los Angeles (UCLA) arbeitete sie beim Stuttgarter Fraunhofer-Institut

für Grenzflächen und Bioverfahrenstechnik IGB an einer neuen Methode zur Gewinnung von Vorläuferzellen für die Infarkt-Therapie. Keine leichte Aufgabe, denn es gilt, erwachsene Zellen erst so umzuprogrammieren, dass sie ihre Spezialisierung verlieren, und sie dann auf Herzmuskeltätigkeit hin zu trimmen.

Bis vor kurzem galt das als unmöglich. Wer für die Forschung oder Therapie unspezialisierte, »pluripotente« Stammzellen benötigte, musste auf Embryonen zurückgreifen. In der ersten menschlichen Entwicklungsphase sind Zellen noch nicht differenziert – alle haben das Potenzial, Haut, Leber, Gehirn oder eben auch Herzmuskel zu werden. Die Arbeit mit embryonalen Stammzellen, die aus befruchteten Eizellen gewonnen werden, gilt jedoch als moralisch bedenklich und ist in vielen Ländern nur eingeschränkt erlaubt. Mittlerweile gibt es aber eine ethisch einwandfreie Alternative: Dank einer neuen Technik, für die der japanische Wissenschaftler Shinya Yamanaka 2012 den Nobelpreis für Medizin erhielt, lassen sich ausgewachsene Körperzellen in pluripotente Stammzellen zurückverwandeln. Alles, was man dafür braucht, sind Viren, die vier verschiedene Gene in die Zelle einschleusen.

Mit dieser Methode konnte das deutsch-amerikanische Forscherteam um Schenke-Layland erstmals aus Zellen von erwachsenen Mäusen undifferenzierte Stammzellen gewinnen und diese in funktionierendes Herzmuskelgewebe verwandeln. Entscheidend ist dabei, dass man die pluripotenten, undifferenzierten Stammzellen im Labor zu Vorläuferzellen heranreifen lässt. Verwendet man undifferenzierte Zellen zur Gewebsregeneration im Tier oder im Patienten, entstehen mit hoher Wahrscheinlichkeit Tumore. Wartet man länger, verwandeln sich die Zellen unkontrolliert, verlieren ihr Potenzial und können sich nicht mehr in Herzmuskelgewebe entwickeln. »Passt man jedoch den richtigen Moment ab, so bekommt man Zellen, die gerade beginnen, sich zu spezialisieren und so anpassungsfähig sind, dass sie sich beispielsweise ins Herzmuskelgewebe integrieren und dort weiterentwickeln«, erläutert die Biologin.

Wie aber erkennt man den richtigen Zeitpunkt? Eine Antwort auf diese Frage zu finden, kostete Schenke-Layland mehrere Jahre ihres Lebens: »Man muss die Zellen tagein, tagaus beobachten und mit verschiedenen Analyseverfahren untersuchen, nur so findet man heraus, in wel-

chem Stadium sich bestimmte Proteine bilden, nach denen man dann suchen kann.«

### Von der Petrischale ins Herz

Hat man den richtigen Moment abgepasst, lassen sich die Zellen weiterkultivieren – vorausgesetzt man verfügt über das nötige Know-how. Die Forschergruppe am IGB hat genau damit viel Erfahrung: Seit Jahren entwickeln die Spezialisten Strategien, die eine steuerbare Produktion von gewebs- und organspezifischen Zellen erlauben. Ergebnis: Entscheidend für die Entwicklung einer Zelle zu hochspezialisiertem Gewebe ist die Umgebung – charakterisiert durch Proteine, Wachstumsfaktoren, Druck und Blutfluss. Schafft man die richtigen Bedingungen, so lassen sich in Bioreaktoren genau die Zellen erbrüten, die für eine bestimmte klinische Studie oder Therapie benötigt werden.

Dass auf diese Weise auch funktionierende Herzmuskelzellen zu gewinnen sind, die tatsächlich in das Herzgewebe eingebaut werden, konnten die Forscher jetzt am Beispiel von Mäusen zeigen: »Wir haben die Zellen mit einem fluooreszierenden Marker versehen, damit wir nachvollziehen können, wohin sie im Organismus wandern«, berichtet Schenke-Layland. »So konnten wir zeigen, dass die Zellen einen Monat nach der Implantation in den schlagenden Herzmuskel der lebenden Maus integriert worden waren. Damit ist bewiesen, dass sich die Methode therapeutisch nutzen lässt.«

Bis Menschen, die einen Infarkt erlitten haben, von der neuen Methode profitieren, wird noch einige Zeit vergehen. Es gilt, den gesamten Prozess zu optimieren, dass innerhalb kurzer Zeit aus ein paar Hautzellen des Patienten induziert-pluripotente Stammzellen gewonnen und diese zu Herzmuskel-Vorläuferzellen herangezogen werden können. Die Forscher müssen auch die Vermehrung der Zellen in Bioreaktoren so beschleunigen, dass sie den Ärzten, wenn die klinischen Studien beginnen, für jeden Patienten Millionen von Zellen zur Verfügung stellen können. Bis es so weit ist, wird Schenke-Layland noch viele Nächte im Labor verbringen. Doch die Mühe lohnt, davon ist die Forscherin überzeugt: »Unsere Methode hat den enormen Vorteil, dass sie mit körpereigenen Zellen arbeitet, die vom Organismus nicht abgestoßen werden. Wir haben damit eine gute Chance, dass sie dabei helfen, den geschädigten Herzmuskel zu regenerieren und die Lebensqualität der Patienten zu steigern.« ■

# Gesundes Saatgut

Um Samen von Schädlingsbefall zu befreien, behandeln Landwirte das Saatgut chemisch. Forscher haben eine Methode entwickelt, die Erreger ohne Umweltbelastung abzutöten. Erste Saatgutlieferanten setzen das chemiefreie Verfahren jetzt kommerziell ein.

Text: Britta Widmann

Bei der Saatgut-Behandlung können die Schädlinge keine Resistenzen ausbilden, wie es bei Verwendung von Antibiotika geschehen kann, da es sich um ein rein physikalisches Verfahren handelt.  
© Fraunhofer FEP



Getreidesamen sind ein Eldorado für Keime aller Art – unzählige Pilze, Bakterien und Viren tummeln sich auf dem Saatgut. Um die Erreger abzutöten und so zu verhindern, dass sich Pflanzenkrankheiten ausbreiten können, wird die Saat in der Regel chemisch gebeizt. Doch in jüngster Zeit ist diese Methode in Verruf geraten. Einigen chemischen Beizmitteln wurde die Zulassung entzogen, aber auch Neuzulassungen sind stark zurückgegangen. Und nicht zuletzt hat ein schwerer Fall von E.coli-Infektionen durch Sprossensaatgut, der im Sommer 2011 für Schlagzeilen sorgte, die Rufe nach Alternativen laut werden lassen. Eine umweltfreundliche Methode, um Saatgut von Keimen zu befreien, entwickelten Forscher vom Fraunhofer-Institut für Elektronenstrahl- und Plasmatechnik FEP in Dresden. Sie behandeln die Saat mit Elektronen, die innerhalb von Millisekunden die DNA der Schädlinge zerstören. Der Clou: Durch einen speziellen Aufbau wirken die Elementarteilchen nur auf der Oberfläche und in der Samenschale. Der Keimling im Inneren des Samenkorns wird nicht getroffen, die Keimfähigkeit des Saatguts somit nicht beeinträchtigt.

»Im Getreidesaatgut fanden sich bislang fast nur Pilze als Erreger, doch durch den Klimawandel wird es mittlerweile zunehmend von Bakterien befallen, gegen die es noch keine zugelassenen chemischen Mittel gibt. Unsere Behandlung mit niederenergetisch beschleunigten Elektronen hingegen wirkt gegen bakterielle Schaderreger und Pilze. Auch können Schädlinge gegen dieses Verfahren keine Resistenzen ausbilden«, sagt Frank-Holm Rögner, Diplom-Physiker und Abteilungsleiter am FEP. Da der Forscher und sein Team keine chemischen Zusatzstoffe verwenden, vernichten sie mit ihrer Methode die Keime auf umweltschonende Weise und ohne hohe Temperaturen. Saatgutüberschuss kann problemlos verfüttert werden.

## Verfahren für ökologische Landwirtschaft empfohlen

Dass die Keimfähigkeit des so behandelten Samens gleichwertig mit der des chemisch gebeizten Saatguts ist, haben die Experten unter Beweis gestellt: 2002 bauten sie eine mobile Demonstrationsanlage, mit der sie seither

deutschlandweit Testbehandlungen durchführen. Doch obwohl die EPPO (European and Mediterranean Plant Protection Organization) das Verfahren sowohl für die konventionelle als auch für die ökologische Landwirtschaft empfiehlt, hat sich die Technologie bislang nicht am Markt durchgesetzt.

Ein Grund für den ausbleibenden wirtschaftlichen Erfolg seien unter anderem die Landwirte, die neue Ideen fachfremder Wissenschaftler selten ernst nähmen und erst durch langjährige gute Praxisergebnisse in Verbindung mit den Empfehlungen ihres Saatgutlieferanten oder Fachberaters überzeugt werden würden, so die Erfahrung von Rögner. Auch könnten die hohen Anschaffungskosten für eine Elektronenbehandlungsanlage abschrecken.

Nun arbeiten die Forscher mit der Nordkorn Saaten GmbH zusammen, einem der größten Saatgutunternehmen in Deutschland. 2010 ließ sich Nordkorn das Verfahren erstmals mit dem mobilen Demonstrator direkt am Heimatstandort in Güstrow vorführen (siehe Kasten). Der Saatgutproduzent war begeistert. Der Prototyp lief hunderte von Stunden mit einem Durchsatz von bis zu 30 Tonnen pro Stunde. Das schaffte

Vertrauen in die Robustheit der Technik. Inzwischen hat Nordkorn die Pilotanlage gemeinsam mit dem langjährigen Saatgutpartner des FEP, der BayWa AG, gekauft und sogar schon eine zweite bestellt. Derzeit bauen die Experten des FEP eine maßgeschneiderte Anlage für das Saatgutunternehmen. Dieses Unikat soll Ende Juni 2013 in Güstrow in Betrieb gehen. Gemeinsam mit BayWa und Nordkorn sowie einem Anlagenbauer ist auch die Weiterentwicklung des Systems geplant. So soll die Technik preiswerter und kompakter werden. Außerdem möchte man die Anlage flexibler an unterschiedliche Saatgutarten anpassen können. Zur Zeit bemühen sich die Forscher und ihre Partner dafür um eine Projektförderung. »Dass der mobile Truck gekauft wurde, ist die beste Werbung für uns«, freut sich Rögner. »Zu Demonstrationszwecken haben wir noch eine Laboranlage.«

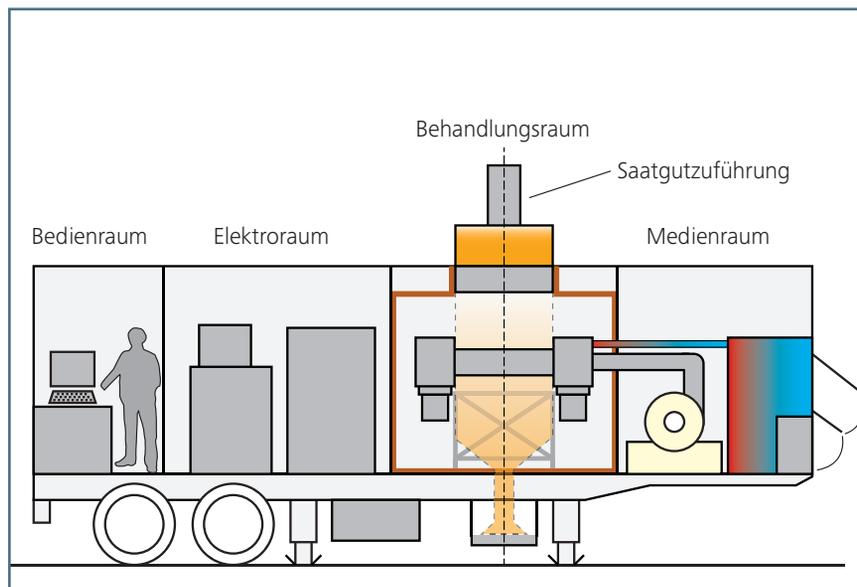
Die Forscher vom FEP sind zuversichtlich, dass die Elektronenbehandlung langfristig ein Erfolg wird. Dafür spricht einiges: In den vergangenen Jahren wurden bereits mehr als 200 000 Hektar Getreide mit elektronenbehandeltem Saatgut bestellt. Von 2015 an müssen Landwirte zudem nachweisen, dass sie sich bemühen, ihren CO<sub>2</sub>-Fußabdruck zu verringern und den Einsatz von

chemischen Pflanzenschutzmitteln zu senken. »Hier können wir mit unserer effizienten Anlage einen wesentlichen Beitrag leisten«, sagt Rögner. »Die Landwirte loben auch, dass bei unserer Methode kein Beizstaub entsteht und ein punktgenaues Säen möglich ist.« Ein weiterer Vorteil: Die mit Elektronen behandelten Samenkörner gehen besser auf. Sie durchwachsen die kritische Phase im Boden schneller und sind so für die Erreger in der Erde weniger anfällig. Sollte sich die Elektronenbehandlung breiter durchsetzen, könnten die Forscher vom FEP ihr Verfahren an Anlagenbauer lizensieren.

Derzeit treiben die Wissenschaftler ihre Auslandsaktivitäten voran. Das FEP möchte die Elektronenbehandlung in den chinesischen und in den indischen Markt einführen. »Dort sehen wir aufgrund der großen Saatgutproduktionsmengen gute Chancen. Dabei haben wir nicht nur das Saatgut im Fokus. Außer in Deutschland ist die Desinfektion von Lebensmitteln mit beschleunigten Elektronen weltweit erlaubt. In Indien und China können wir daher ganz neue Anwendungsfelder erschließen«, sagt Rögner. ■



[www.fraunhofer.de/audio](http://www.fraunhofer.de/audio)  
online ab 27.05.2013



### So funktioniert die mobile Anlage

Die mobile Anlage ist auf einem Truck installiert. Durch eine Öffnung im Dach wird das Saatgut gezielt dosiert in den »Behandlungsraum« geschüttet. Die Samenkörner passieren im freien Fall zwei rechts und links angebrachte, 1,40 Meter lange Elektronenquellen. Letztere verfügen über einen linienförmigen Elektronenemitter, der die Auskopplung der beschleunigten Elektronen an die Atmosphäre bewirkt. Dadurch ist es möglich, Saatgut an der Luft im Durchlaufprinzip zu behandeln. Im Fallstrom »beschießen« Elektronen die Samen von allen Seiten. Dabei treffen gezielt nur die Randschicht beziehungsweise die Samenschale. Der Keimling bleibt unverletzt. Das behandelte Saatgut wird in einem Trichter gesammelt. Die gesamte Anlage kann damit in die vorhandene Logistik einer kommerziellen Saatgut-Aufbereitungsanlage eingebunden werden.

# Kampf gegen Malaria

Ein Stich der Anopheles-Mücke kann tödliche Folgen haben. Malaria ist schwer zu heilen, weil die Erreger in verschiedenen Lebensstadien auftreten und durch Mutation schnell Resistenzen gegen die gängigen Medikamente entwickeln. Zusammen mit einem internationalen Forscherteam arbeiten Fraunhofer-Experten jetzt an neuen Mehrstufenimpfstoffen.

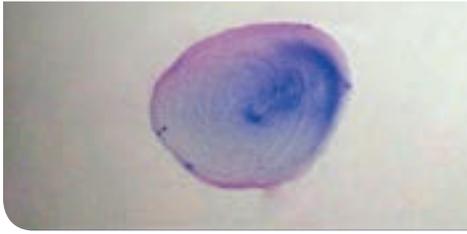
Text: Monika Weiner

Am schlimmsten trifft es kleine Kinder. Einer Untersuchung der Weltgesundheitsorganisation WHO zufolge ist die Hälfte aller Malaria-Toten jünger als fünf Jahre. Etwa eine Million Menschen sterben jährlich an den Folgen einer Krankheit, die durch einen scheinbar harmlosen Mückenstich übertragen wird. Schätzungsweise eine halbe Milliarde sind infiziert. In großen Teilen Afrikas und Asiens gilt die Krankheit seit Jahrtausenden als Geißel der Menschheit. Schon viele Wissenschaftler haben es sich zur Lebensaufgabe gemacht, Medikamente zu finden, die Malaria heilen oder vor einer Infektion schützen. Dass der große Durchbruch bis heute auf sich warten lässt, hat mehrere Gründe: So gibt es eine Vielzahl von Erregern. Alle durchlaufen unterschiedliche Stadien. Alle mutieren enorm schnell. Viele der Parasiten sind heute bereits resistent gegen die gängigen Medikamente.

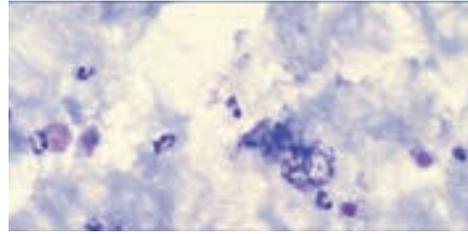
## Von der Mücke zum Menschen – und wieder zurück

»Die Entwicklung eines Mehrstufenimpfstoffs, der alle Lebensstadien des Parasiten abdeckt, ist eine enorme Herausforderung«, weiß Andreas Reimann vom Fraunhofer-Institut für Molekularbiologie und Angewandte Oekologie IME in Aachen. »Die Malaria-Erreger, die Plasmodien, durchlaufen einen komplexen Lebenszyklus: Es findet zweimal ein Wirtswechsel statt – von der Mücke zum Menschen und wieder zurück –, und während die Erreger im Menschen sind, ver-

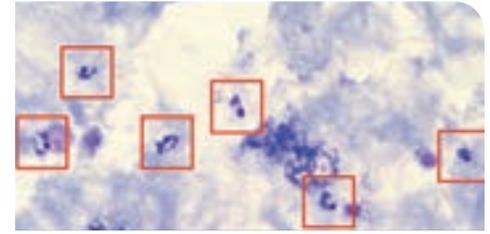
Für die Diagnostik genügt ein Tropfen Blut.



Unter dem Mikroskop werden Details sichtbar.



Rot markiert: die Malaria-Erreger im Blut. © Fraunhofer IIS



ändern sie sich, wandern über die Leber in den Blutkreislauf, befallen die roten Blutkörperchen und vermehren sich dann massiv in ihnen. Wenn wir die Krankheit wirksam bekämpfen wollen, müssen wir Wirkstoffe herstellen, welche diesen Zyklus durchbrechen und die sich kostengünstig in großen Mengen herstellen lassen, damit sie auch für die Menschen in den Entwicklungsländern erschwinglich sind.«

### Diagnostik, Impfstoffentwicklung, Produktion – alles aus einer Hand

Diese Herkulesaufgabe kann kein Spezialist der Welt allein lösen, davon ist Reimann überzeugt: »Wer Impfstoffe gegen Malaria entwickeln will, muss interdisziplinär denken und arbeiten.« In einem Projekt der Fraunhofer-Zukunftsstiftung leitet er ein Team aus Biologen, Informatikern und Ingenieuren von drei Fraunhofer-Instituten, das mit führenden Malaria-Spezialisten aus unterschiedlichen Fachdisziplinen zusammenarbeitet. Zum Malaria-netzwerk gehören Tropenmediziner und Infektionsbiologen aus dem Bernhard-Nocht-Institut für Tropenmedizin in Hamburg, dem Zentrum für Infektionsforschung in Würzburg, dem Institut für Tropenmedizin in Tübingen und der RWTH Aachen University; weitere kommen aus renommierten internationalen Instituten, beispielsweise aus dem niederländischen Rijswijk, aus Kumasi in Ghana, oder aus Antananarivo und Majunga auf Madagaskar.

Gemeinsam entwickeln die Forscher einen Mehrstufenimpfstoff gegen die Malaria tropica – deren Erreger Plasmodium falciparum gilt als der gefährlichste unter den Malariaparasiten. Infektionen mit ihm können tödlich sein. In fünf Jahren soll der neue Wirkstoff die erste Phase der klinischen Prüfung am Menschen absolviert haben. Um den Wirkstoff in ausreichender Menge bereitstellen zu können, entwickeln Ingenieure des Fraunhofer-Instituts für Produktionstechnologie IPT in Aachen zusammen mit den Biologen des IME eine neuartige Pflanzenproduktionsanlage, die den hohen Qualitätsstandards der Arzneimittelproduktion entspricht. Am Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen IIS in Erlangen wird zudem ein automatisiertes Mikroskopiesystem erarbeitet, mit dem sich eine Malariainfektion sicher und ohne besondere Fachkenntnisse diagnostizieren lässt (siehe Kasten).

Reimann ist optimistisch, dass sich diese ehrgeizigen Ziele erreichen lassen: »Die Projektpartner bringen viel Erfahrung mit, von der alle profitieren.« Für den Wirksamkeitsnachweis der Mehrstufen-Malaria-Impfstoffkandidaten sind drei verschiedene Assays notwendig, weil der Erreger im Laufe seines Lebenszyklus verschiedene Formen annimmt und unterschiedliche Zellen im Menschen befällt. Jeder der Assays testet die Wirksamkeit in einer Lebensphase. So können die Forscher frühzeitig herausfinden, ob ein neuer Impfstoffkandidat die Vermehrung der Erreger stoppt oder zumindest reduziert. »Unser Ziel ist

es, mit einer Impfung möglichst viele Lebensphasen der Plasmodien abzudecken, um einen bestmöglichen Schutz zu schaffen«, so Reimann. Mäuse und Kaninchen haben die Forscher bereits erfolgreich mit dem Malariaimpfstoff-Kandidaten geimpft: Nachdem den Kleintieren das Protein verabreicht wurde – das übrigens bereits zum Patent angemeldet ist –, bildeten diese Antikörper gegen die verschiedenen Proteinbestandteile. Die anschließenden Tests bewiesen, dass die Antikörper der Tiere tatsächlich gegen alle drei Lebensstadien des Malariaerregers wirksam sind.

Produziert wurde der Malaria-Impfstoffkandidat durch Molecular Farming: Reimann und seinem Team am IME gelang es, die Impfstoff-Gensequenz in Tabakpflanzen einzubringen. In den Wachstumskammern gediehen die Pflanzen unter definierten Bedingungen und bildeten die gewünschten Proteine, die dann nach der Ernte gereinigt wurden. In einem alternativen Produktionsansatz nutzen die IME-Biotechnologen genmanipulierte Hefen für die Impfstoffgewinnung. Wichtige Voraussetzung für spätere klinische Studien ist die Herstellungserlaubnis gemäß Arzneimittelgesetz. Diese besitzt das IME für die Arzneimittelherstellung in Pflanzen und Mikroben.

Im kleinen Maßstab hat sich das »Molecular Farming« für die Produktion des Malaria-Impfstoffkandidaten bereits bewährt. Jetzt wollen

### Automatisierte Malaria-Diagnose

Ohne Diagnose keine Therapie. Die Frage, ob ein Patient mit Malaria infiziert wurde oder nicht, ist entscheidend für die weitere Behandlung – und unter Umständen eine Frage von Leben oder Tod. Bisher brauchten Ärzte für die Diagnostik Geduld und Erfahrung: Erst muss ein Tropfen Blut auf einem Glasplättchen fein verteilt werden, dann kann

man unter dem Mikroskop nach Plasmodien suchen – vorausgesetzt man weiß, wie sie aussehen.

Forscher vom Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen IIS in Erlangen entwickeln jetzt eine automatisierte Diagnostikplattform. Das System besteht aus einem Mikroskop, das mit

einer automatisierten digitalen Bilderfassung und -auswertung kombiniert ist. Spezielle Algorithmen sorgen dafür, dass die Software automatisch die Zahl der Plasmodien und deren Art bestimmt. Das neue Diagnosesystem soll Ärzten – egal ob in Mitteleuropa, Afrika oder Asien – helfen, schnell und zuverlässig die richtige Diagnose zu stellen.



Links: die afrikanische Malaria-Überträger-Mücke »Anopheles gambiae«. © Jim Gathany/CDC/dpa

Rechts: Blutproben aus einem Malaria-Epidemiegebiet im Labor. © Fraunhofer IME

die Forscher am IME zusammen mit ihren Kollegen vom IPT die Technik fit machen für die automatisierte Produktion großer Mengen. Damit sich der Ertrag steigern lässt, soll die Pflanzenanzucht künftig in mehreren Stockwerken übereinander angeordnet werden. Der Bau der Pflanzenproduktionshalle mit achtstöckigem Wachstumsregal hat bereits begonnen. Bei diesem »Vertical Farming« übernehmen Sensorik und Robotik, die von einer speziellen Software gesteuert werden, die Gärtnerarbeit: Jede Etage wird genau mit der richtigen Dosis an Licht, Nährstoffen und Wasser versorgt. Aussaat, Wachstum, Ernte und Qualitätskontrolle sind vollautomatisch geregelt: Die Experten am IIS entwickeln hierfür 2D- und 3D-Scannersysteme, welche regelmäßig die Größe der Pflanzen kontrollieren und die Ergebnisse an eine zentrale Recheneinheit melden.

Die Scanner prüfen auch die Produktion der Wirkstoffe in den Blättern: Die Impfstoffkandidaten werden zusammen mit Fluoreszenz-Markern hergestellt. Diese leuchten rötlich, wenn eine Speziallampe sie anstrahlt. Ist das Leuchten zu schwach und damit die Produktion zu gering, lassen sich die Pflanzen frühzeitig aussortieren. Direkt an das Pflanzenhochhaus angeschlossen sind Systeme zur Aufarbeitung und Aufreinigung

der biotechnologisch hergestellten, rekombinanten Proteine. Mit ihnen können die Forscher künftig den Impfstoffkandidaten und eine Vielzahl anderer Biopharmazeutika in hochreiner Form für klinische Studien bereitstellen.

### Natürliche Resistenz als Vorbild

Die Impfung mit rekombinanten Plasmodium-Proteinen, die den Organismus dazu veranlassen, Antikörper zu bilden, ist dabei nicht der einzige Weg ans Ziel. »Neben Aktivimpfstoffen sind auch Passivimpfstoffe möglich, in denen die wirksamen Antikörper schon enthalten sind«, erläutert Reimann. Im Malaria-Vakzine-Projekt arbeiten die Forscher auch an dieser Alternative. »Dank der Kooperation mit Forschungszentren in Ghana und Madagaskar verfügen wir über Blutproben von Menschen, die mehrmals mit dem Malariaerreger infiziert wurden und die Krankheit überstanden haben. Diese Menschen werden als semi-immun bezeichnet, das heißt, die Antikörper in ihren Blutproben halten bei einer Neuinfektion die klinischen Symptome in Schach«, sagt der Projektleiter. Zusammen mit seinem Team isoliert er derzeit aus diesen Blutproben B-Zellen, die verantwortlich sind für die Bildung von Antikörpern. Liegt einmal die genetische Information vor, lassen sich die

Antikörper biotechnologisch herstellen. Da sie auf humane Proteine zurückgehen, rufen sie im Menschen keine ungewollten Immunreaktionen hervor – ein großer Vorteil im Vergleich zu Antikörpern tierischer Herkunft.

Ob die so gewonnene Antikörper tatsächlich vor einer Malariainfektion schützen, untersuchen die Wissenschaftler jetzt mithilfe derselben Assays, die sie schon bei der Entwicklung der Aktivimpfstoffe eingesetzt haben. »So lässt sich herausfinden, ob und in welchen Entwicklungsphasen die isolierten Antikörper schützen«, informiert Reimann. »Das ist ein langwieriger Prozess, aber mittlerweile haben wir eine neue Technologieplattform etabliert und damit bereits einige wirksame Antikörper identifiziert, die wir weiterverfolgen können.« Bis zum Ende des Projekts will sein Team herausfinden, ob ein Passivimpfstoff machbar ist und wenn ja, den Wirkstoff für klinische Studien bereitstellen.

»Der enorme Vorteil des Projekts ist das ganzheitliche Konzept«, resümiert der Forscher. »Wir unterstützen den Kampf gegen die Malaria nicht nur mit innovativer Impfstoffentwicklung und Malariadiagnostik, sondern liefern gleichzeitig die Technologieplattform für eine kostengünstige Produktion.« ■

## Glutenfrei und lecker

*Ansprechpartner: Jürgen Bez,  
juergen.bez@ivv.fraunhofer.de*

Getreide ist gesund, das Korn versorgt den Körper mit Kohlehydraten, Eiweiß und Vitaminen. Etwa jeder 250. Deutsche jedoch verträgt das Eiweiß Gluten nicht, das vor allem in den Getreidesorten Weizen, Dinkel, Roggen und Gerste vorkommt. Diese Unverträglichkeit nennen Experten Zöliakie. Wer unter dieser chronischen Darmkrankheit leidet, muss eine strenge Diät halten.

Das wollen die Forscher ändern: Sie haben Zutaten wie pflanzliche Proteine oder Hydrokolloide gefunden, die in geeigneter Kombination eine dem Klebereiweiß entsprechende Struktur in Back- und Teigwaren ermöglichen, und gemeinsam mit Lebensmittelherstellern neue Rezepturen für glutenfreie Brote und Pasta entwickelt. Schon bald werden einige dieser Produkte in den Regalen von Supermärkten und Bäckereien liegen.

Die Nachfrage nach diesen Lebensmitteln, die vorwiegend kleine und mittelständische Unternehmen (KMU) anbieten, ist in den vergangenen Jahren gestiegen. Viele Back- und Teigwaren ohne Gluten schmecken jedoch nicht so gut und haben eine andere Konsistenz als herkömmliche Ware. Dieses Urteil hat sich auch in Verbrauchertests bestätigt. Die Tests sind ein wesentlicher Bestandteil des EU-Projekts GlutenFree ([www.glutenfree-project.eu](http://www.glutenfree-project.eu)), das Forscher vom Fraunhofer-Institut für Verfahrenstechnik und Verpackung IVV in Freising koordinieren.



Zöliakiepatienten dürfen nur Back- und Teigwaren mit glutenfreiem Samen essen. © Fraunhofer IVV



Auf einem Babybody angebracht misst die dehnbare Leiterplatte die Atmungsaktivität von Säuglingen.  
© VERHAERT Masters in Innovation

## Body warnt bei Atemstillstand

*Ansprechpartner: Manuel Seckel, manuel.seckel@izm.fraunhofer.de*

Künftig könnte ein Babybody mit integriertem Sensorsystem die Eltern warnen, sobald das Kind nicht mehr atmet. Herzstück des Systems ist eine dehnbare Leiterplatte, die sich dreidimensional der Körperform anpasst und daher kaum zu spüren ist. Sie wurde von Forschern des Fraunhofer-Instituts für Zuverlässigkeit und Mikrointegration IZM in Berlin entwickelt. Die Leiterplatte ist mit zwei handelsüblichen Sensoren bestückt und auf den Babybody aufgebügelt. So kann die Atmungsaktivität an Brust und Bauch gemessen werden.

Die Leiterplatte besteht aus Polyurethan, kurz PU – einem kostengünstigen Material, das üblicherweise für Oberflächenbeschichtungen, als Dichtmasse oder zur Dämpfung verwendet wird. Um eine hohe Genauigkeit zu erreichen, mussten die Forscher jedoch einige Herausforderungen meistern. Ähnlich wie bei Stretchstoff ist es schwierig, die PU-Leiterplatte maschinell zu verarbeiten – sie verändern ihre Form. Die Forscher haben daher ein Trägersystem entwickelt, auf das sie die PU-Platinen aufbringen, diese maschinell verarbeiten und dann wieder ablösen.

## Welt der Energie in Zahlen

*Ansprechpartner: Martin Käßler, martin.kaessler@iosb-ast.fraunhofer.de*

Nur wer genaue Daten kennt, kann optimal planen. Ob Smart-Grids, Energieeffizienz oder die Prognose von Wind und Sonnenenergie – zuverlässige Energiedaten bilden eine entscheidende Grundlage dafür, Energie einzusparen. Bisher sind bei Energieunternehmen Viertelstundenwerte ein üblicher Standard. Auf das Jahr gerechnet entstehen aber allein hierbei pro Messeinheit mehr als 35 000 Werte, die gespeichert und weiterverarbeitet werden müssen. Auch während der Simulation von Stromnetzen oder bei der Planung von passenden Energiespeichern fallen enorme Datenmengen an.

Forscher vom Fraunhofer-Anwendungszentrum Systemtechnik AST haben die Energiedatenmanagement-Lösung EMS-EDM PROPHET® ([www.ems-prophet.de](http://www.ems-prophet.de)) entwickelt, die deutschlandweit bereits mehr als 20 Energieversorgungsunternehmen einsetzen. Den Nutzern liegt mit dem System nun eine bedienerfreundliches Werkzeug dafür vor, um die Energiedaten managen und exakte Prognosen erstellen zu können..

Jeder kennt den ungefähren Spritverbrauch seines Pkw. Aber wie viele Kilowattstunden sind das umgerechnet? Und wie sieht eigentlich die persönliche Gesamtenergiebilanz pro Jahr aus – inklusive Heizung, Mobilität, Konsum, Freizeit und Stromverbrauch? Auch bei der Beantwortung dieser Fragen unterstützt das Energieoptimierungssystem.



## Ausgezeichnetes Notrufsystem

Mit dem Niedersächsischen Gesundheitspreis ist das Projekt »SonicSentinel« prämiert worden. Das akustische Notrufsystem erkennt, wenn pflegebedürftige Menschen zum Beispiel stürzen, um Hilfe rufen oder wimmern. Dann wird automatisch das Pflegepersonal oder die Leitstelle informiert.

Entwickelt haben das System Experten aus der Oldenburger Projektgruppe Hör-, Sprach- und Audiotechnologie des Fraunhofer IDMT, dem Lichtrufhersteller ILPER-Elektronik GmbH & Co. KG, der Johanniter-Unfallhilfe e. V. sowie weiteren beteiligten Pflegeeinrichtungen. »Für SonicSentinel werden Mikrofone im Raum verbaut, so dass die Patienten keine Sensoren am Körper tragen müssen. Dadurch ist die Technologie in der Praxis verlässlicher und wird von den Nutzern gerne angenommen«, erklärt Stefan Goetze, Projektverantwortlicher am IDMT. Gerade in Notsituationen können ältere Menschen fest installierte oder tragbare Alarmknöpfe aufgrund von körperlichen Einschränkungen wie Demenz, Lähmungen, akuten Verletzungen oder Ohnmacht nicht immer betätigen. Zwar gibt es schon akustische Notrufsysteme, aber die lösen

häufig Fehlalarme aus, da sie in der Regel nur den Lautstärkepegel messen. SonicSentinel setzt auf ein neues Signalverarbeitungsverfahren, das auch bei schwierigen Bedingungen wie Umgebungslärm und Raumhall Notsituationen zuverlässig erkennt. Um die Privatsphäre der Patienten zu gewährleisten, filtert das System dabei nur die informationsrelevanten Signalanteile des Schalls heraus.

In der Entwicklung der akustischen Erkennungssysteme haben die Wissenschaftler eng mit den beteiligten Pflegeeinrichtungen zusammengearbeitet. In Zukunft soll SonicSentinel mit einer Grundausstattung für die stationäre Pflege am Markt erhältlich sein.

Der Preis in der Kategorie »eHealth – Lösungen für ein selbstbestimmtes Leben im Alter« ist mit 5000 Euro dotiert.

## Fraunhofer auf Messen

April	Mai	Juni
<p>8. – 12. April Hannover Messe, Hannover Messe für Kerntechnologien und Dienstleistungen in der industriellen Produktion</p> <p>22. – 25. April BIO, Chicago Messe für Biotechnologie</p>	<p>13. – 16. Mai LASER World of PHOTONICS, München Messe für optische Technologien</p> <p>14. – 17. Mai Control, Stuttgart Internationale Fachmesse für Qualitätssicherung</p> <p>14. – 16. MAI SENSOR + TEST 2013 DIE MESSTECHNIK-MESSE</p>	<p>4. – 7. Juni transport logistic, München Internationale Fachmesse für Logistik, Mobilität, IT und Supply Chain Management</p> <p>17. – 23. Juni SIAE, Paris International Paris Air Show</p>
<p>Informationen zu allen Messen: <a href="http://www.fraunhofer.de/messen">www.fraunhofer.de/messen</a> <a href="http://www.fraunhofer.de/veranstaltungen">www.fraunhofer.de/veranstaltungen</a></p>	<p>Franziska Kowalewski Susanne Pichotta Welf Zöller</p>	<p><a href="mailto:franziska.kowalewski@zv.fraunhofer.de">franziska.kowalewski@zv.fraunhofer.de</a> <a href="mailto:susanne.pichotta@zv.fraunhofer.de">susanne.pichotta@zv.fraunhofer.de</a> <a href="mailto:welf.zoeller@zv.fraunhofer.de">welf.zoeller@zv.fraunhofer.de</a></p>

## Personalien

Gleich drei Wissenschaftler des Fraunhofer-Instituts für Zuverlässigkeit und Mikrointegration IZM in Berlin wurden vom weltweit größten Berufsverband der Ingenieure »Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)« ausgezeichnet. **Dr. Tolga Tekin** und **Dr. Michael Töpfer** stiegen in den Rang eines »Senior Members« auf und **Rolf Aschenbrenner** wurde zum IEEE Fellow ernannt.

Als Auszeichnung für ihre Verdienste als Wissenschaftlerin hat Professorin **Agnès Voisard** den »Ordre national du Mérite« (nationaler Verdienstorden) erhalten. Die Informtikerin Voisard leitet die strategische Entwicklung des Kompetenzzentrums ESPRI beim Fraunhofer-Institut für Offene Kommunikationssysteme FOKUS in Berlin.

Der Nachwuchswissenschaftler **Rico Meier** vom Fraunhofer-Center für Silizium-Photovoltaik CSP in Halle ist mit dem Best Student Paper Award in der Rubrik »Structural Acoustics and Vibration« geehrt worden. Er erhielt den Preis für seine Präsentation »Guided wave approach for inline photovoltaic module component inspection« auf der Tagung der »Acoustical Society of America« in Kansas City (USA).

Für ihre Arbeit »Plasmabehandlung von Holz« haben **Prof. Dr. Wolfgang Viöl**, Leiter des Anwendungszentrums für Plasma und Photonik vom Fraunhofer-Institut für Schicht

und Oberflächentechnik IST in Göttingen, und **Prof. Dr. Holger Militz** von der Universität Göttingen den Josef-Umdasch-Forschungspreis erhalten. Die beiden Göttinger Forscher bekommen die Hälfte des Preisgelds (insgesamt 30 000 Euro) für die gemeinsam eingereichte Arbeit. Die andere Hälfte des Preisgeldes teilen sich der ehemalige Leiter des Fraunhofer-Instituts für Holzforschung WKI, **Prof. Dr. Rainer Marutzky**, und **Prof. Dr. Volker Mersch-Sundermann** für die Arbeit »Unbedenkliche Holz-VOC«. Der Josef-Umdasch-Forschungspreis wird für herausragende Leistungen auf dem Gebiet der Forst- und Holzwissenschaften vergeben.

Die Deutsche Kommission Elektrotechnik, Elektronik und Informationstechnik im VDE und DIN hat **Prof. Dr. Hartwig Steusloff**, ehemaliger Leiter des Fraunhofer-Instituts für Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung IOSB in Karlsruhe, mit ihrer höchsten Auszeichnung, der DKE-Nadel in Gold, geehrt. Sie würdigt damit seine herausragenden Leistungen bei der zukunftsorientierten Gestaltung des Deutschen Normungssystems zur Sicherung der Stellung Deutschlands als eine der führenden Wirtschaftsnationen.

### Impressum

**Fraunhofer Magazin »weiter.vorn«:**  
Zeitschrift für Forschung, Technik und Innovation. Das Magazin der Fraunhofer Gesellschaft erscheint viermal pro Jahr. Kunden, Partner, Mitarbeiter, Medien und Freunde können es kostenlos beziehen.  
ISSN 1868-3428 (Printausgabe)  
ISSN 1868-3436 (Internetausgabe)

**Herausgeber:**  
Fraunhofer-Gesellschaft  
Hansastraße 27c, 80686 München  
Redaktionsanschrift wie Herausgeber  
Telefon +49 89 1205-1301  
magazin@zv.fraunhofer.de  
www.fraunhofer.de/magazin

**Abonnement:**  
Telefon +49 89 1205-1366  
publikationen@fraunhofer.de

**Redaktion:**  
Franz Miller, Birgit Niesing (Chefredaktion)  
Marion Horn, Mandy Kühn,  
Tobias Steinhäuser, Monika Weiner,  
Britta Widmann, Christa Schraivogel  
(Bild und Produktion)

**Redaktionelle Mitarbeit:**  
Janine van Ackeren, Andreas Beuthner,  
Frank Grotelüschen, Boris Hänßler,  
Klaus Jacob, Chris Löwer, Bernd Müller,  
Michaela Neuner, Monika Offenberger,  
Brigitte Röthlein, Isolde Rötzer,  
Tim Schröder

**Graphische Konzeption:** BUTTER. Düsseldorf  
**Layout:** Vierthaler & Braun, München  
**Titelbild:** amphotora/istockphoto  
**Lithos + Druck:**  
Gotteswinter und Aumaier GmbH, München

**Anzeigen:** Heise Zeitschriften Verlag  
Technology Review, Helstorfer Straße 7,  
30625 Hannover, Telefon +49 511 5352-0  
www.heise.de/mediadaten  
Nächster Anzeigenschluss: 8. Mai 2013

Bezugspreis im Mitgliedspreis enthalten.  
© Fraunhofer-Gesellschaft, München 2013

ClimatePartner   
**klimateutral  
gedruckt**



 **Fraunhofer**

# Spin-offs

## Pflanzenwirkstoffe erkennen und nutzen

»Dreißig Prozent aller Krebspatienten sterben nicht am Tumor, sondern an einer krankhaften, sehr starken Abmagerung, der Kachexie. Bei etwa 500 000 Tumorerkrankungen in Deutschland pro Jahr sind das jährlich zwischen 160 000 und 170 000 Menschen«, weiß Dr. Andreas Schubert, Arbeitsgruppenleiter Vaskuläre Biologie am Fraunhofer-Institut für Zelltherapie und Immunologie IZI in Leipzig. Bei den stark abgemagerten Patienten können auch die inneren Organe versagen. »Bisher erhalten diese Menschen hochkalorische Nahrung, die den Auszehrungsprozess meist nicht aufhalten kann, sondern im Gegenteil oft weitere Beschwerden, etwa eine Fettleber verursacht, welche man zusätzlich behandeln muss«, betont Schuberts Kollege Christopher Oelkrug. Daher erforschen und entwickeln die Spezialisten am IZI seit einigen Jahren diätische Ernährungskonzepte, die eine Kachexie verhindern sowie tumorpräventive Strategien. Denn ein zentraler Faktor bei der Entstehung von Krankheiten ist die Ernährung. »Studien haben gezeigt, dass pflanzliche Sekundärstoffe häufig dabei helfen, eine Chemotherapie besser zu vertragen«, sagt Oelkrug.

Im Juli 2012 haben die beiden Forscher die Oncotriton GmbH gegründet. Ziel ist es, die am IZI entwickelten diätischen Lebensmittel auf den Markt zu bringen. Geplant ist ein Produkt für die Behandlung von Kachexie.

Schubert und Oelkrug beschäftigen sich auch mit Pflanzenextrakten und Peptiden. Für beides gibt es am Institut umfangreiche Plattformen. »Viele kennen etwa Umckaloabo oder Echinacea. Wir wollen die Wirkmechanismen der Pflanzenextrakte aufzeigen und begleiten das mit Studien. In anderen Kulturen – etwa in Afrika oder Südamerika – spielen Heilkräuter eine zentrale Rolle. Wenn wir wissen, wie einzelne Kräuter wirken, können wir sie gezielt einsetzen – zum Beispiel auch bei Rheuma oder Arthritis«, sagt Schubert.

Begleitet wird die Ausgründung von der Existenzgründerinitiative SMILE.medibiz der Universität Leipzig. Weiterer Partner ist der Projektträger Jülich.

Dr. Andreas Schubert und Christopher Oelkrug  
www.oncotriton.de



## Automatisierungslösungen fürs Labor

Biologische Zellen dienen heute als Testobjekte zur Entwicklung und Zulassung von Medikamenten und Kosmetika, sie ersetzen Tierversuche. Außerdem kann man damit künstliche Gewebe herstellen, Stichwort Tissue Engineering. Allerdings hängen die Aussagekraft zellbasierter Versuchsreihen und die Sicherheit von künstlichen Geweben von der Reproduzierbarkeit des Zellmaterials ab. Deshalb ist es wichtig, dass sich die Produktionsprozesse standardisieren und automatisieren lassen.

Werden aber Zellkulturen in Laboren in Glasflaschen gezüchtet, müssen sie – wenn der Platz nicht mehr ausreicht – »umgetopft« werden. »Passage« nennen Experten diesen Prozess. Bisher geschieht dies meist noch per Hand, weiß Roland Huchler von der InnoCyte GmbH in Stuttgart. Das soll sich bald ändern: Denn das junge Unternehmen entwickelt Automatisierungslösungen für die Biologie. »Am Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA in Stuttgart gibt es eine Abteilung, die sich mit Automatisierungslösungen speziell für die Biotechnologie beschäftigt«, erzählt der Unternehmensgründer. »Gerade in der Biologie gibt es noch viele Prozesse, die manuell ausgeführt werden müssen, etwa während der Pipettierung oder eben bei der Passage. Hier lässt sich viel Zeit einsparen.«

Huchler hat sich mit einer zum Patent angemeldeten Technologie selbstständig gemacht, die den zentralen Prozess der Passage in der Zellkultur mit einem Bruchteil des bisher dafür notwendigen Aufwands automatisiert realisiert. Das Spin-off ist eine Ausgründung aus dem IPA vom Juli 2011. InnoCyte entwickelt und vertreibt seither Geräte rund um die automatisierte Zellkultur.

Der erste Prototyp ergänzt derzeit eine Anlage zur Herstellung von künstlich erzeugter Haut und ist im Alphatest. Hier arbeiten die Spezialisten eng mit den Fraunhofer-Kollegen der und weiteren Partnern zusammen. Im September 2013 soll das Stand-Alone Benchtop-Seriengerät auf den Markt kommen. »Zu unseren Kunden gehören dann auch, neben Institutslaboren, Pharmahersteller und freie Labore«, sagt Huchler.

Roland Huchler  
www.innocyte.com



# Reisen Sie 3 Monate nach Morgen.

3 Ausgaben Technology Review mit 34 % Rabatt testen und Geschenk erhalten.



ERFAHREN, wie sich unser Leben entwickelt.  
ERLEBEN, welche Ideen sich durchsetzen.  
ERKENNEN, welche Möglichkeiten der Fortschritt birgt.

**DIE CHANCEN FRÜHER ENTDECKEN.**



## IHRE VORTEILE ALS ABONNENT:

- **VORSPRUNG GENIESSEN.**  
Früher bei Ihnen als im Handel erhältlich.
- **PREISVORTEIL SICHERN.**  
Mehr als 34 % Ersparnis im Vergleich zum Einzelkauf während des Testzeitraums.
- **EXKLUSIVES ERFAHREN.**  
Monatlicher Chefredakteurs-Newsletter.
- **EVENTS BESUCHEN.**  
10 % Rabatt auf alle Heise-Events.

**GRATIS**

## Samsonite Hochformatbörse „NYX-Style“

- Hochformatbörse\* in Schwarz aus hochwertigem, natürlichem Rindleder.
- Ausgestattet mit einem Münzfach, zwei Scheintaschenfächern, vier Kartenfächern und zwei Ausweisfächern
- Maße: 9,5 x 12 cm

\*ohne Inhalt und nur solange der Vorrat reicht.

**JETZT BESTELLEN UND VON ALLEN VORTEILEN PROFITIEREN.**

### **Ja, ich möchte von morgen erfahren und mein Geschenk erhalten.**

Senden Sie mir bitte im Vorteils-Paket 3 aktuelle Hefte mit 34% Ersparnis für nur EUR 17,50 und mein Geschenk. Wenn Technology Review mich überzeugt, kann ich anschließend jedes Heft für EUR 8,55 statt EUR 8,90 lesen. Andernfalls sende ich Ihnen nach Erhalt des zweiten Heftes eine kurze Nachricht.

TRP13100

Vorname, Name	Straße, Hausnummer
PLZ, Ort	Telefon und E-Mail (für eventuelle Rückfragen)

Ja, ich bin damit einverstanden, dass der Heise Zeitschriften Verlag mich über seine Angebote und Produkte informiert. Diese Informationen wünsche ich per:  
 E-Mail  Telefon (bitte ankreuzen).

Eine Weitergabe an Dritte erfolgt nicht. Meine Einwilligung kann ich jederzeit widerrufen; auf Wunsch auch nur für einzelne Kommunikationsmittel. Dazu genügt eine formlose Nachricht an: Heise Zeitschriften Verlag GmbH & Co. KG, Vertrieb & Marketing, Karl-Wiechert-Allee 10, 30625 Hannover oder an [datenservice@heise.de](mailto:datenservice@heise.de) (Datenschutzhinweis unter [www.heise.de/privacy](http://www.heise.de/privacy)).

Datum, Unterschrift

Per Fax: **040 3007 85 3525** Per Telefon: **040 3007 3525**

**WWW.TRVORTEIL.DE**

Ein kleiner Schritt für Sie,  
aber ein großer Schritt in  
Ihre Zukunft.



## MOBILES LERNEN MIT FRAUNHOFER

- Zeit- und ortsunabhängig lernen
- Eigene Apps erstellen
- Wissensvorsprung sichern

 **Fraunhofer**  
ACADEMY

[www.iacademy.mobi](http://www.iacademy.mobi)