

# weiter.vorn

Das Fraunhofer-Magazin

4/15

A red sports car is shown in a factory setting, positioned on a blue lift. The car is sleek and aerodynamic, with silver alloy wheels. The background features industrial equipment, including a yellow robotic arm and various pipes and lights, creating a modern manufacturing environment.

Mit Strom  
fahren

## Produktion

Digitale Assistenten

## Kommunikation

Schaltzentrale für Smart Cities

## Medizin

Molekulare Mechanismen erforschen



## WEITERBILDUNG MIT FRAUNHOFER

- Innovation erleben
- Berufsbegleitend qualifizieren
- Wissensvorsprung sichern

 **Fraunhofer**  
ACADEMY

Use your  
Smartphone



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

# Wandel aktiv gestalten



Prof. Dr. Reimund Neugebauer. © Stefanie Aumiller

Weltweit wollen immer mehr Menschen mobil sein: Gab es im Jahr 2006 etwa 926 Millionen Kraftfahrzeuge weltweit, waren es im Jahr 2013 – laut des Statistikportals Statista – bereits mehr als 1,18 Milliarden Fahrzeuge. Tendenz weiter steigend. Vor allem in den Schwellenländern – speziell in China und Indien – wächst nach wie vor die Nachfrage nach Autos. Gleichzeitig stehen wir vor großen globalen Herausforderungen. Knapper werdende Ressourcen, der Klimawandel sowie die stetig wachsende Weltbevölkerung und die damit einhergehende Urbanisierung erfordern neue Mobilitäts-Lösungen.

Keine Frage: Die Mobilität der Zukunft muss umweltfreundlicher und ressourcenschonender werden, als sie es heute ist. Ein Schlüssel, um auch künftig nachhaltig mobil zu bleiben, ist die Elektromobilität. Bereits seit mehreren Jahren fördert die Bundesregierung den Ausbau der Elektromobilität. Im »Nationalen Entwicklungsplan Elektromobilität« hat sie ehrgeizige Ziele formuliert. So soll Deutschland zu einem Leitanbieter und Leitmarkt für Elektrofahrzeuge werden.

Noch sind mit Strom betriebene Autos ein Nischenmarkt. Allerdings beginnt die Nachfrage zu steigen. Zwischen 2012 und 2014 verdoppelte sich die Zahl der weltweit angemeldeten Elektrofahrzeuge jährlich. Damit allerdings der Umstieg auf die Elektromobilität gelingt, bedarf es noch einiger Forschungs- und Entwicklungsarbeiten. An welchen Innovationen für die automobilen Wertschöpfung Fraunhofer arbeitet, erfahren Sie in der Titelgeschichte.

Nicht nur die Automobil-Branche bereitet sich auf einen Wandel vor. Die Produktion insgesamt steht vor bedeutenden Herausforderungen: Neue, individualisierte Produkte kommen in immer kürzeren Abständen auf den Markt. Um auf diese Entwicklung besser reagieren zu können, werden anstelle von hierarchisch organisierten Abläufen selbstorganisierte, wandelbare, dynamische Prozesse gebraucht. Zudem wachsen durch das Internet getrieben, reale und virtuelle Welt zu einem Internet der Dinge zusammen und ermöglichen neue

daten- und dienstbasierte Geschäftsmodelle, die »Smart Services«. In der Industrie 4.0 verzahnt sich die Produktion mit modernster Informations- und Kommunikationstechnik. In dieser Ausgabe stellen wir Ihnen in einigen Artikeln vor, welche Lösungen Fraunhofer-Forscherinnen und Forscher unter anderem hierfür entwickeln. So arbeitet Fraunhofer gemeinsam mit der Industrie an einer wandlungsfähigen, sich selbst steuernden Kleinserienfertigung, in der Produkte flexibel nach Kundenwunsch gefertigt werden können (siehe Seite 18).

Aber auch in der autonomen Fabrik der Zukunft hat der Mensch die entscheidende Schlüsselposition inne. Es bedarf jedoch einer neuen Infrastruktur, damit der Mensch als Entscheidungsmittelpunkt und kreativer Problemlöser agieren kann. Fraunhofer baut gemeinsam mit Partnern aus der Wirtschaft eine Plattform auf, welche die produktionsrelevanten Informationen im Fertigungs- und Logistikumfeld erfasst, aufbereitet und dem Werker zur Verfügung stellt (siehe Seite 26).

Fraunhofer legt mit seinen Arbeiten wichtige Grundlagen, um den Wirtschaftsstandort Deutschland für die Herausforderungen der Zukunft fit zu halten und den Wandel aktiv mitzugestalten.

Ihr

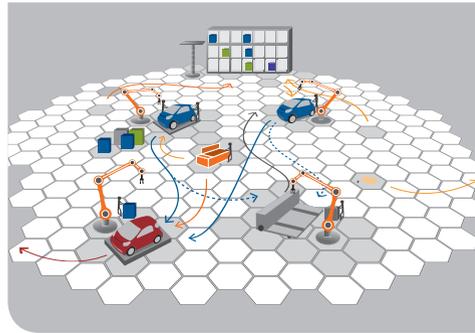


08

Titelthema

**Mit Strom fahren**

Neue Komponenten für Elektrofahrzeuge testen Forscherinnen und Forscher im »Fraunhofer e-concept car Type 0«.



18

**Die autonome Autofabrik**

Künftig wird die Montage nicht mehr zentral gesteuert.

32

**Windkraft-Gondeln im Härte-test**

In dem neuen Prüfstand können komplette Gondeln von Windenergieanlagen der Multi-Megawattklasse getestet werden.



42

**Große Kraft in ultrakurzen Pulsen**

UKP-Laser arbeiten präzise, haben jedoch nur eine geringe Leistung. Experten gelang es, ihre Leistung deutlich zu erhöhen.

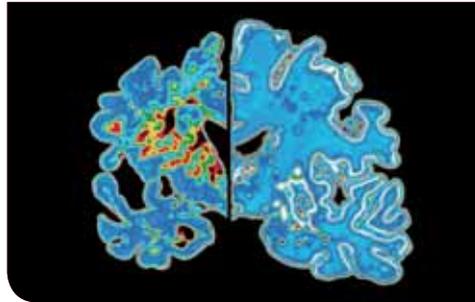


44

**Schaltzentrale für Smart Cities**

Städte sollen sauberer, energiesparender und lebenswerter werden.

Dazu benötigt man zentrale Steuerungen.



54

**Molekulare Mechanismen erforschen**

Alzheimer führt zum Absterben von Nervenzellen im Gehirn.

# Inhalt

- 06 **Spektrum**
  - 16 **Kompakt**
  - 36 **Fraunhofer inside**
  - 38 **Fraunhofer visuell**
  - 48 **International**
  - 56 **Panorama**
  - 57 **Personalien**
  - 58 **Gründerwelt**
  - 57 **Impressum**
- 
- Titelthema**
  - 08 **Mit Strom fahren**  
Neue Antriebssysteme und Batterien sollen Elektrowagen leistungsfähiger machen.
  - Elektromobilität**
  - 14 **Mobil bleiben**  
Forscherinnen und Forscher entwickeln Mobilitäts-Konzepte für die Zukunft.
  - Produktion**
  - 18 **Die autonome Autofabrik**  
Die Produktion der Zukunft steuert sich selbst.
  - 20 **Kein Stopp-and-Go mehr in der Qualitätssicherung**  
Eine neue Röntgenprüftechnik halbiert die Prüfdauer von Gussteilen.
  - 22 **3D-Print wie am Fließband**  
Ein Verfahren ermöglicht es, Kunststoff-Bauteile kontinuierlich zu drucken.
  - 24 **Alles im Blick**  
Mit dem »Industry-Cockpit« lässt sich die Produktion flexibel planen.
  - 26 **Digitale Assistenten**  
Smarte Assistenten liefern die richtigen Informationen zur richtigen Zeit, am richtigen Ort.
  - Nachhaltigkeit**
  - 28 **Die Wärmewende**  
Heizenergie soll künftig auch aus »grünem« Strom gewonnen werden.
  - 30 **Das Selbstversorger-Hausboot**  
Autarke schwimmende Häuser produzieren Strom und Wärme selbst.
  - 32 **Windkraft-Gondeln im Härte-test**  
Ein neuartiger Teststand prüft die Maschinenhäuser von Windenergieanlagen.
- 
- Photonik**
  - 40 **Licht neu denken**  
Experten arbeiten daran, den Arbeitsplatz in ein besseres Licht zu rücken.
  - 42 **Große Kraft in ultrakurzen Pulsen**  
Forschern gelang es, die Leistung von UKP-Lasern deutlich zu erhöhen.
  - Kommunikation**
  - 44 **Schaltzentrale für Smart Cities**  
Eine neue Software verknüpft unterschiedliche Bereiche der Stadt.
  - 46 **Anschaulich planen**  
Die Software SmartVis3D erleichtert Bürgerbeteiligungen.
  - 49 **Die mp3-Story**  
Wie mp3 zum erfolgreichsten Audioformat wurde, erzählt ein neues Buch.
  - Sicherheit**
  - 50 **Werkzeuge für den Trinkwasserschutz**  
Ein Monitoringsystem soll Trinkwasser zuverlässig überwachen.
  - Medizin**
  - 52 **Krankenhaus der Zukunft**  
Neue Technologien beschleunigen medizinische Diagnosen.
  - 54 **Molekulare Mechanismen erforschen**  
Experten entwickeln neue Therapieansätze für Alzheimer, Parkinson und Chorea Huntington.

## Jeden Ton verstehen

Menschen mit Hörminderungen können den Ton im Kino oder Theater über eine Smartphone-App an das eigene Gehör anpassen und über Kopfhörer verfolgen. Die Apps »CinemaConnect« und »MobileConnect« der Sennheiser Streaming Technologies GmbH sollen künftig dafür sorgen, dass Menschen mit Hörminderung jedes Wort der Aufführung verstehen können – auch dann, wenn sie kein Hörgerät tragen. Die Hörunterstützungstechnologie haben Forscher der Oldenburger Projektgruppe für Hör-, Sprach- und Audiotechnologie des Fraunhofer-Instituts für Digitale Medientechnologie IDMT entwickelt. Eine Herausforderung lag vor allem darin, die Bedienung intuitiv zu gestalten, denn die Menschen sollen den Klang jederzeit selbst verbessern können – ohne wie bei Hörgeräten einen Akustik-Experten zu Rate zu ziehen. Ein Streaming-Server von Sennheiser überträgt das Audiosignal der Bühne oder des Kinofilms direkt auf das Smartphone der Besucher. Mithilfe der kostenlosen Apps können Nutzer das Klangbild nach ihren Bedürfnissen verändern.

Träger von Hörgeräten oder Cochlea Implantaten können die Sennheiser-Apps auch nutzen, um den Live-Ton der Veranstaltung via Bluetooth direkt an die Hörhilfe anzukoppeln.

Welche Kinos und Theater die Technologie anbieten, erfahren die Nutzer über das Kulturportal »Culture Inclusive« ([www.culture-inclusive.com](http://www.culture-inclusive.com)).

Anpassung der Hörunterstützung: Nutzer können einfach mit dem Finger über eine berührungsempfindliche Auswahlfläche fahren, bis sie ein gut verständliches Klangbild erhalten. © Sennheiser



## Ultraschneller Banknoten-Check

Nach Angaben der Deutschen Bundesbank wurden allein im ersten Halbjahr 2014 gefälschte Euro-Banknoten im Wert von 1,5 Millionen Euro registriert. Ein lukratives Geschäft. Winzige Strukturen, die mit bloßem Auge nicht sichtbar sind, und Hologramme mit Kippeffekten erschweren Geldfälschern ihr kriminelles Handwerk. Qualitätsprüfungen beim Druck sollen mit Hilfe spezieller Kameras sicherstellen, dass diese Sicherheitsmerkmale auf jeder Banknote fehlerfrei vorhanden sind. Das AIT Austrian Institute of Technology ist international führend in der Herstellung solcher Prüfsysteme. Für die Entwicklung eines neuen Sensors wandte sich die Forschungseinrichtung an das Fraunhofer-Institut für Mikroelektronische Schaltungen und Systeme IMS in Duisburg.

Der 60-Zeilen-Sensor, den die Duisburger Experten entwickelten, ist doppelt so schnell wie heute verfügbare Lösungen und liefert gleichzeitig qualitativ hochwertige Bilder in sehr hoher Auflösung. Er erfasst die Geldscheine – ähnlich wie ein Scanner – Zeile für Zeile, wenn sie aus der Druckerpresse kommen. Eine Software vergleicht die Bildaufnahmen mit einem Sollbild und identifiziert Banknoten mit fehlerhaften Sicherheitsmerkmalen. Um die hohe Geschwindigkeit zu erreichen, integrierten die IMS-Wissenschaftler für jede Pixelspalte eine eigene Ausleseketten. Zudem entwickelten sie spezielle Photopixel, dank derer man trotz der kurzen Belichtungszeiten mit herkömmlichen Optiken arbeiten kann. In jeder Pixelspalte werden die drei Farben Rot, Grün und Blau gleichzeitig und über die gesamte Pixelfläche erfasst. Dies sorgt für eine qualitativ hochwertige Farbwiedergabe. Eine weitere Besonderheit des Sensors: Die hohe Anzahl an Zeilen ermöglicht es, Objekte aus unterschiedlichen Blickwinkeln zu erfassen. Damit lassen sich erstmalig auch Oberflächenstrukturen in 3D wie etwa Kippeffekte von Hologrammen überprüfen. Die Markteinführung des neuen Sensors als Herzstück der AIT-Prüfkameras ist für Ende 2015 geplant.

Fraunhofer-Forscher haben einen ultraschnellen Zeilensensor entwickelt, der hochwertige Bilder liefert und Banknoten mit fehlerhaften Sicherheitsmerkmalen identifiziert. © MEV



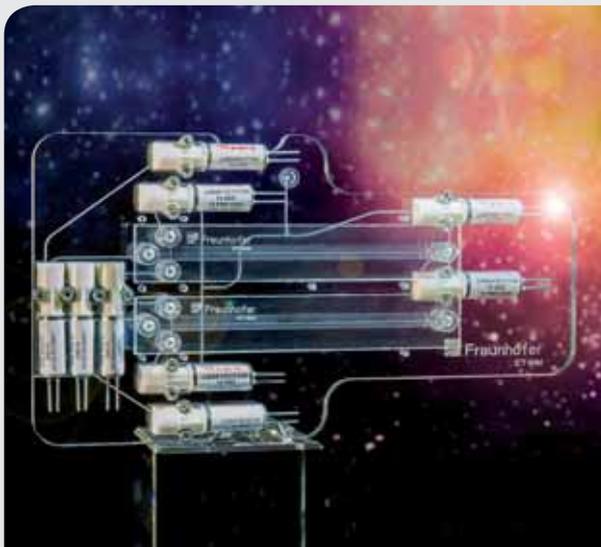
## Tomaten düngen im Weltraum

Menschen brauchen zum Überleben regelmäßige und frische Nahrung – auch in Raumschiffen. Für kurze Weltraumtrips nehmen die Astronauten einfach Proviant mit. Schwieriger wird es, wenn sie monate- oder jahrelang im All unterwegs sind. Gefragt sind technische Lösungen, die lebenswichtige Ressourcen möglichst lange erhalten. Im Projekt Eu:CROPIS entwickeln drei Partner unter der Führung des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) ein System, das aus biologischen Abfallprodukten Sauerstoff und Nahrungsmittel produziert. Es soll 2017 während einer einjährigen Weltraummission getestet werden. Beteiligt sind neben dem DLR die Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg (FAU) und das Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie ICT, Institutsteil IMM, in Mainz.

Die Lösung der Wissenschaftler: In einem automatisierten Kreislaufsystem zersetzen Bakterien und Algen ein Gemisch aus künstlichem Urin und Wasser zu Dünger für Tomatenpflanzen. Damit die Pflanzen während der Weltraummission genau die richtige Nährstoffmenge zum optimalen Gedeihen erhalten, müssen die Experten am ICT-IMM das Kreislaufsystem kontinuierlich überwachen. Sie nutzen die Kapillarelektrophorese um zu überprüfen, wie hoch die Konzentrationen der im Düngemittel enthaltenen Stoffe sind. Das Verfahren funktioniert über charakteristische Bewegungsmuster, die Ionen unterschiedlicher Art und Größe zeigen, wenn sie über ein elektrisches Feld bewegt werden.

Anfang 2017 wollen die Partner den Satelliten in 600 Kilometer Höhe ins All schießen. Dabei haben die Forscher ihr System zweifach gebaut, um auch auf der Erde alle Schritte nachvollziehen zu können.

Ein mikrofluidischer Chip von Fraunhofer überwacht ab 2017 das Wachstum von Tomatenpflanzen während einer Forschungsmission im Weltraum. © Fraunhofer ICT-IMM



## Radar für die Stahlindustrie

Abstände präzise zu vermessen ist in der Fertigungstechnik entscheidend – etwa bei der Rohproduktion von Stahl. In einem Stahlwerk werden täglich mehrere Tonnen glühend heiße, etwa 20 cm dicke Blöcke zu dünnen, kilometerlangen Stahlbändern gewalzt und anschließend zu Rollen aufgewickelt. Die Überwachung des Walzprozesses ist dabei von zentraler Bedeutung für die Qualität und die Sicherheit des Herstellungsprozesses. An vielen Stellen sind die Anlagen jedoch blind, da die Umweltbedingungen einen Einsatz von optischen Sensoren nicht zulassen. Ein neues Millimeterwellenradar des Fraunhofer-Instituts für Hochfrequenzphysik und Radartechnik FHR in Wachtberg misst die Breite der Stahlbänder mikrometerngenau im laufenden Betrieb.

Das Radar sendet durchgehende elektromagnetische Signale aus, die von der rechten und linken Bandkante reflektiert werden. So ist es möglich Abstände bis zu mehreren Metern mit einer Präzision von  $\pm 500\mu\text{m}$  zu bestimmen. Dabei erreicht es 1000 Messungen pro Sekunde. Unter Laborbedingungen erreichen die neueste Generation bereits Messgenauigkeiten von  $\pm 5\mu\text{m}$  bei Wiederholgenauigkeiten im Nanometerbereich. In der Anlage messen zwei Sensoren den Abstand zur Stahlkante. Das System funktioniert selbst bei widrigen Bedingungen wie Staub, Hitze, Wasserdampf und Nebel. Zudem lässt es sich in jeder Umgebung ohne weitere Sicherheitsanforderungen betreiben. Da die Sensoren seitlich der Walzen angebracht sind, kann die Lösung problemlos in bereits bestehende Anlagen integriert werden. Derzeit läuft sie deutschlandweit in Stahlwerken im Testbetrieb.

Ein neues Radar von Fraunhofer-Forschern misst die Breite der Bänder während der Fertigung millimetergenau und hilft, den Ausschuss zu minimieren. © MEV



# Mit Strom fahren



Radnabenmotoren bieten die Möglichkeit, Kosten und Energieverbrauch von Elektrofahrzeugen durch den Wegfall von Komponenten des klassischen, mechanischen Antriebsstrangs zu senken.

© Thomas Ernsting



Elektromobilität ist ein Schlüssel, um auch künftig nachhaltig mobil zu bleiben. Erste Elektrofahrzeuge gibt es bereits seit einigen Jahren zu kaufen. Doch die hohen Anschaffungskosten und die geringe Reichweite halten derzeit noch viele Autofahrer vom Kauf eines Stromers ab. Fraunhofer-Forscherinnen und -Forscher arbeiten zusammen mit der Industrie an neuen Lösungen für innovative Batterien, dem Laden ohne Kabel sowie an kostengünstigen Antriebssystemen. Diese Komponenten sollen helfen, Elektrowagen der kommenden Generationen leistungsfähiger zu machen.

Text: Birgit Niesing

Mehr als ein Jahrhundert sorgte der Verbrennungsmotor für Automobilität. Doch der Klimawandel sowie die stetig wachsende Weltbevölkerung, stellen neue Anforderungen an die Mobilität. Schon jetzt verursachen Autos, Lkws, Motorräder und Co. etwa ein Viertel der Treibhausgase in Europa. Zudem belasten Lärm, Feinstaub und Abgase die Menschen. Anders Elektroautos: Sie sind leise, stoßen keine Emissionen aus und verringern die Abhängigkeit von Erdölimporten. Weiterer Vorteil: Fahren die Wagen mit Strom aus erneuerbaren Energien, sind sie im Vergleich zu einem Benziner oder Diesel-Fahrzeug deutlich umweltfreundlicher.

Doch trotz dieser Vorteile sind auf deutschen Straßen kaum Elektrowagen unterwegs. Anfang des Jahres waren erst 19 000 reine E-Mobile und 108 000 Hybrid-Fahrzeuge zugelassen – so die Zahlen des Kraftfahrt-Bundesamts. Vor allem die hohen Anschaffungskosten, die geringe Reichweite und die fehlende Infrastruktur schrecken viele Autofahrer ab. Auch innerhalb der Europäischen Union sind elektrisch betriebene Fahrzeuge noch ein Nischenmarkt. Das machen die Daten des europäischen Autoherstellerverbands ACEA deutlich: Im 1. Quartal 2015 wurden insgesamt 3,5 Millionen

Pkw neu zugelassen, davon waren lediglich 24 630 Stromer. Doch so langsam steigt die Nachfrage nach Elektroautos an. In Europa (EU plus Norwegen und Schweiz) wurden im ersten Quartal 2015 fast doppelt so viele Stromer verkauft (33.835) als im Vorjahreszeitraum. Spitzenreiter in Europa ist Norwegen. Dort verkauften die Autohändler – dank großzügiger staatlicher Anreize – allein im ersten Quartal 8 099 Elektroautos. Das entspricht einem Anteil von etwa 23 Prozent am norwegischen Gesamt-Automarkt.

#### Nachfrage steigt

Leitmarkt für E-Mobilität sind die USA mit etwa 120 000 verkauften Elektro- und Plug-In-Autos im vergangenen Jahr, so der »Index Elektromobilität« von Roland Berger Strategy Consultants und der Forschungsgesellschaft Kraftfahrwesen mbH Aachen. An Bedeutung gewinnt der chinesische Markt: Mit knapp 53 000 verkauften E-Mobilen in 2014 konnte das Land den Absatz gegenüber dem Vorjahr mehr als verdoppeln. Tendenz weiter steigend. Ein Grund für diesen starken Aufwärtstrend ist die massive staatliche Förderung. Aktuell investiert die Regierung fast 7,7 Milliarden Euro in die E-Mobilität.

### Mobil mit Strom

Die »Fraunhofer-Systemforschung Elektromobilität FSEM« legt wichtige Grundlagen für den Umstieg auf die Elektromobilität. Die Arbeiten begannen 2009 im Rahmen des Konjunkturpakets der Bundesregierung. Seit 2013 führt Fraunhofer im Nachfolgeprojekt FSEM II die Forschungs- und Entwicklungsarbeiten fort. Die Schwerpunkte sind unter anderem neue Batteriesysteme, Range Extender, eine vollelektrische Rad-Antriebseinheit, effizienter Leichtbau von Karosseriestrukturen, induktives Laden und autonomes Fahren. An dem Projekt sind 16 Fraunhofer-Institute beteiligt.

- Fraunhofer ICT, Pforzheim
- Fraunhofer IDMT, Ilmenau
- Fraunhofer IFAM, Bremen
- Fraunhofer IIS, Erlangen / Nürnberg
- Fraunhofer IISB, Erlangen
- Fraunhofer ILT, Aachen
- Fraunhofer IPA, Stuttgart
- Fraunhofer IPT, Aachen
- Fraunhofer ISE, Freiburg
- Fraunhofer ISIT, Itzehoe
- Fraunhofer IVI, Dresden
- Fraunhofer IWES, Kassel
- Fraunhofer IWM, Freiburg
- Fraunhofer IWU, Chemnitz
- Fraunhofer LBF, Darmstadt
- Fraunhofer UMSICHT, Oberhausen

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



Das HY<sup>2</sup>PE<sup>2</sup>R-Konzept vereint konventionelle und etablierte hydraulische Arbeitsgeräte mit einem hybriden elektrischen Antriebsstrang.

© Fraunhofer IVI

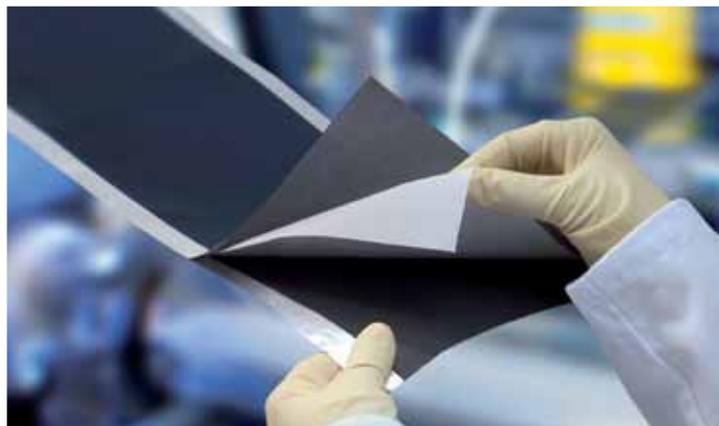
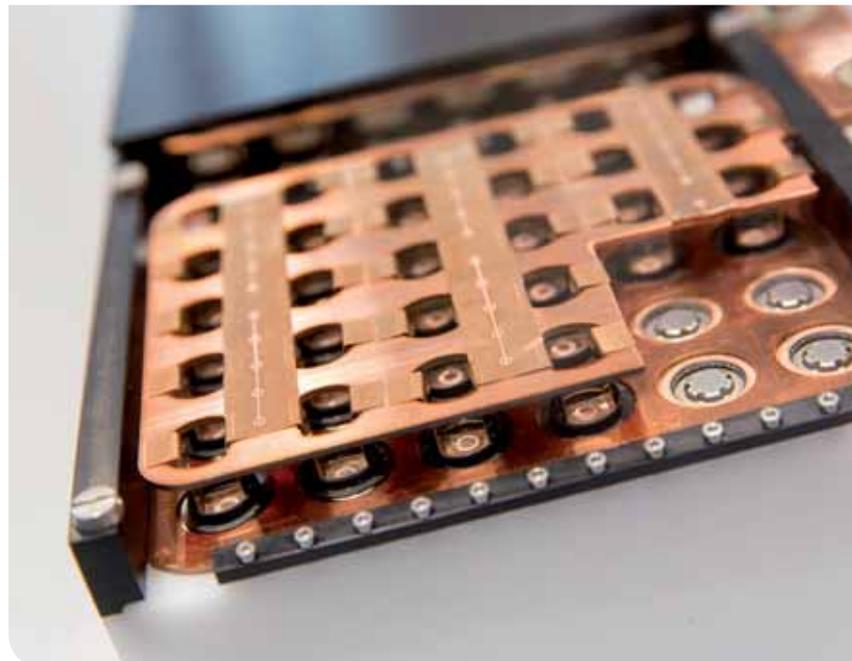


Bild Mitte:  
Modul des Leichtbauenergiepacks mit dichtgeschweißten Verbindungen der Zellen (Typ 18650) für die Verwendung von thermischen Puffern (PCM).  
© Klaus D. Wolf/Fraunhofer ILT

Bild links:  
Hochleistungsakkumulatoren (»Li-Booster«) sollen immer dann zum Einsatz kommen, wenn kurzzeitige Leistungsspitzen (< 1min) auftreten.  
© Fraunhofer ISIT

Bereits seit mehreren Jahren unterstützt auch die Bundesregierung den Ausbau der Elektromobilität. Ihr Ziel ist es, Deutschland zu einem Leitanbieter und Leitmarkt für Elektrofahrzeuge zu machen. Die Fraunhofer-Gesellschaft trägt dazu bei, wichtige Grundlagen für den Umstieg auf E-Mobile zu legen. Bereits 2009 startete die Fraunhofer-Systemforschung Elektromobilität FSEM. Nur zwei Jahre später konnten die Forscherinnen und Forscher bereits erste Lösungen demonstrieren. Derzeit werden die Aktivitäten weitergeführt in dem Leitprojekt FSEM II (siehe Kasten). »Elektromobilität schont nicht nur Klima, Umwelt und Ressourcen, sondern fördert auch technologische Innovationen«, betont Professor Matthias Busse, der Sprecher des Projekts und Leiter des Fraunhofer-Instituts für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM in Bremen. »Im Fokus der Fraunhofer-Systemforschung stehen effiziente und kostengünstige Antriebskomponenten, Leichtbau, Energiespeicher, das Laden ohne Kabel sowie Lösungen für das autonome Fahren. Hierbei arbeiten wir eng mit der Industrie zusammen«. Erste Prototypen präsentierten die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler auf der diesjährigen Internationalen Automobilausstellung (IAA).

### Leichte, leistungsfähige Batterien

Eine Schlüsselkomponente für das Fahren mit Strom ist das Batteriesystem. Daran werden hohe Anforderungen gestellt: Es muss nicht nur besonders leistungsfähig, sondern auch leicht, langlebig und sicher sein. Fraunhofer-Experten entwickelten deshalb den »Leichtbau-Energiepack«. Das System besteht aus hochintegrierten und austauschbaren Energiekomponenten sowie einem thermischen Puffer, der für die effektive Temperierung der Batterien sorgt. Damit der Energiepack auch im Sommer oder bei Extremsituationen wie dem Fahren über kurvige, steile Gebirgspässe nicht überhitzt, setzen die Forscherinnen und Forscher das Phasenwechsel-Fluid CryoSol®Plus ein. Das Gemisch aus Wasser und Paraffin kann dreimal so viel Wärme aufnehmen wie Wasser. Erhitzt sich die Batterie im Betrieb, »schmelzen« die festen Paraffin-Kügelchen und speichern die Wärme. Kühlt die Lösung ab, erstarren die Tropfen wieder und geben dabei Wärme ab. So verzögert CryoSol®Plus im Winter das Auskühlen der Batterie.

Damit das Energiepack leicht und dennoch sicher ist, verwenden die Wissenschaftler für das Gehäuse eine Kombination aus kostengünstigen standardisierten Leichtbaukonstruktionen aus hochfestem Stahl und faserverstärktem Kunststoff mit metallischen Versteifungs- und Verbindungsknoten. An dem Projekt sind Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler der Fraunhofer-Institute für Lasertechnik ILT, Solare Energiesystemen ISE, für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT und für Werkstoffmechanik IWM beteiligt.

### Überholen mit Lithium-Booster

Batterien sollen Elektrofahrzeuge möglichst lange mit Energie versorgen. Doch kurzfristige leistungsintensive Aktivitäten wie

zum Beispiel das Überholen oder das Einfädeln auf die Autobahn benötigen viel Strom und verringern so die Reichweite. Um solche temporären Leistungsspitzen besser auffangen zu können, arbeiten Fraunhofer-Forscherinnen und Forscher aus dem Fraunhofer-Institut für Siliziumtechnologie an einer besonderen Hochleistungsbatterie. Der Lithium-Booster soll künftig für die notwendige Energie beim Überholen sorgen und darüber hinaus Bremsenergie effektiv in das Antriebssystem einspeisen. »Hierfür sind Lithiumakkumulatoren mit besonders hoher Leistungsdichte notwendig, die sicher und langlebig sind. Zudem müssen sie sich schnell wieder aufladen lassen«, beschreibt Andreas Würsig vom ISIT die Anforderungen.

Eine weitere Möglichkeit die Reichweite von Elektrowagen zu erhöhen, ist der Einsatz von Brennstoffzellen als Range-Extender. Das Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie ICT arbeitet an verschiedenen Varianten. Einfache Brennstoffzellen mit einer elektrischen Leistung zwischen 5 kW und ca. 15 kW laden die Batterie im Betrieb nach. So kann man deutlich mehr Kilometer mit dem Stromer zurücklegen. Diese Brennstoffzellen lassen sich zum Beispiel mit Methanol betreiben. Noch mehr zusätzliche Energie liefert ein wasserstoffbasierter Range Extender mit einer Leistung von mehr als 15 kW. Damit kann der Wagen sogar direkt angetrieben werden.

Für kommunale Nutzfahrzeuge – wie zum Beispiel Schneeräumer – entwickelten Forscherinnen und Forscher des Fraunhofer-Instituts für Verkehrs- und Infrastruktursysteme IVI den Range-Extender HY<sup>2</sup>PE<sup>2</sup>R. Dieses System wird von einem emissionsarmen und zuverlässigen Verbrennungsmotor angetrieben, um sowohl elektrische Energie als auch für den Betrieb der Arbeitsgeräte benötigte hydraulische Energie bereitstellen zu können.

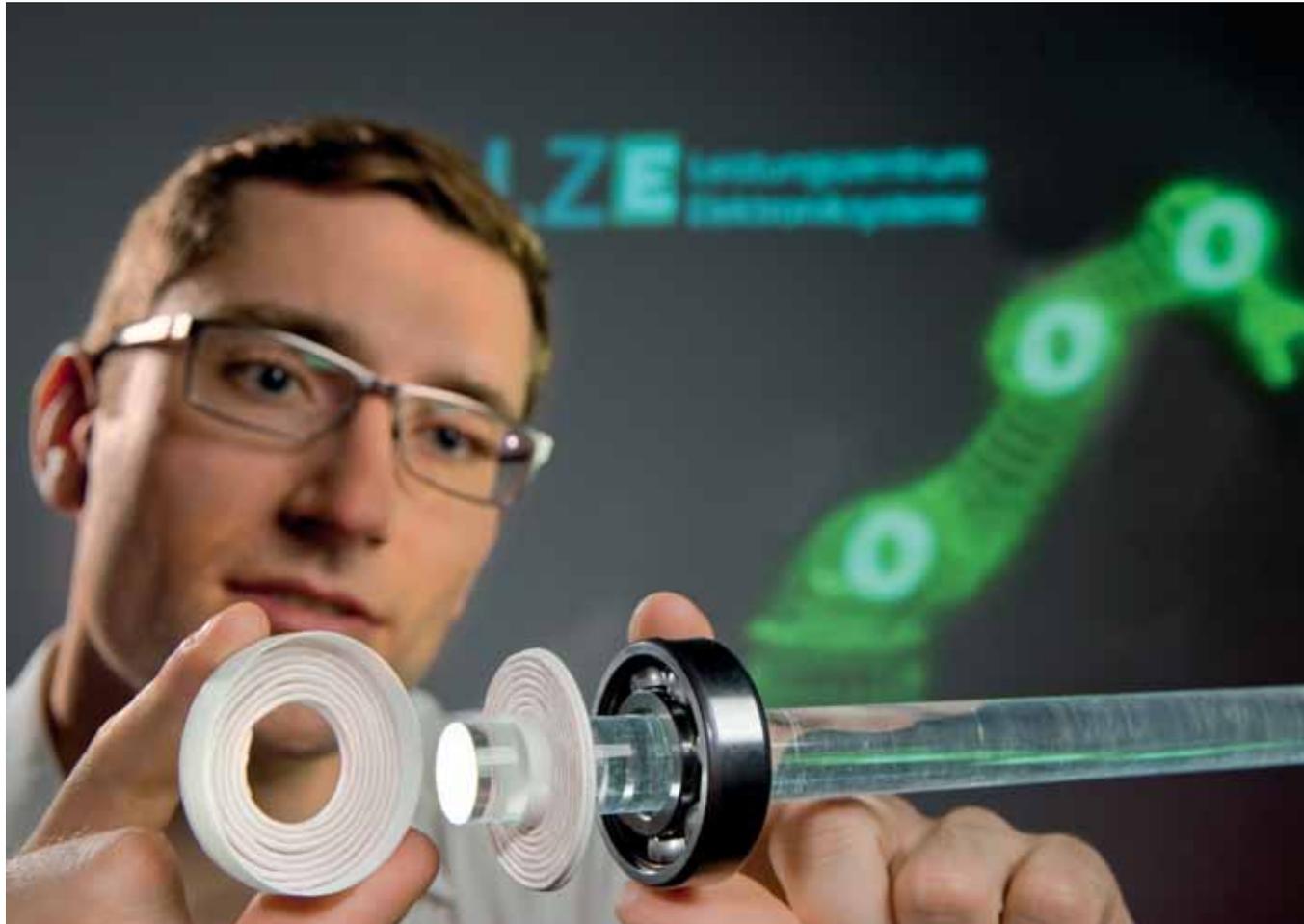
### Laden ohne Kabel

Eine Herausforderung für E-Mobil-Besitzer ist derzeit noch das Laden. Wer Strom tanken will, braucht ein Kabel und viel Zeit. Das soll sich ändern. Fraunhofer-Experten arbeiten nicht nur an Schnelllade-Lösungen wie dem Batteriebus EDDA, der in 15 Sekunden mit 700 Kilowatt laden kann, sondern auch an der kontaktlosen induktiven Energieübertragung – ähnlich wie bei der elektronischen Zahnbürste. Beim induktiven Laden lässt sich Strom durch Magnetfelder quasi über die Luft übertragen. Dafür benötigt man elektrische Spulen, die zum einen in der Straße, einem Parkplatz oder der Garage und zum anderen im Auto verbaut sind. Bringt man die beiden Spulen im richtigen Abstand zusammen, fließt Strom und der Akku im Fahrzeug wird geladen.

Eine vielversprechende Lösung haben Experten des Fraunhofer-Instituts für Windenergie und Energiesystemtechnik IWES in Kassel entwickelt. Ihr System kombiniert nicht nur kabelgebundenes sowie induktives Laden, sondern ermög-



Kontaktlose Energie- und Datenübertragung für schnell bewegte Systeme, hier am Beispiel eines induktiven Kugellagers als Ersatz für fehleranfällige Schleifringe. © Kurt Fuchs/ Fraunhofer IISB



licht es auch, bei Bedarf den gespeicherten Strom wieder ins öffentliche Netz einzuspeisen. So könnten die Batterien der Stromer künftig auch als Zwischenspeicher für überschüssige Energie aus Sonne oder Wind genutzt werden.

Der besondere Clou des Systems: »Wir verwenden für die unterschiedlichen Funktionen dieselben Komponenten. So ist das neue Ladegerät bis zur Hälfte kostengünstiger und nimmt etwa 45 Prozent weniger Raum im Fahrzeug ein als andere Lösungen, die es im Moment in Forschung und Entwicklung sowie konventionell gibt«, rechnet Marco Jung vom IWES vor. Das multifunktionale, bidirektionale Ladesystem ist bereits zum Patent angemeldet.

### Selbstfahrende Stromer

Induktives Laden ist vor allem fürs Carsharing interessant. Im Projekt »Gemeinschaftlich-e-Mobilität: Fahrzeuge, Daten und Infrastruktur« (GeMo) entwickelten sechs Fraunhofer-Institute eine Infrastruktur aus induktiven Ladestationen und Cloud-basiertem Lademanagement. Die ersten Prototypen des Ladesystems arbeiten sehr effizient: Die übertragbare

Leistung beträgt bis zu 22 kW. Damit lässt sich eine übliche Elektrofahrzeugbatterie in weniger als einer Stunde auf 80 Prozent ihrer Nennkapazität laden.

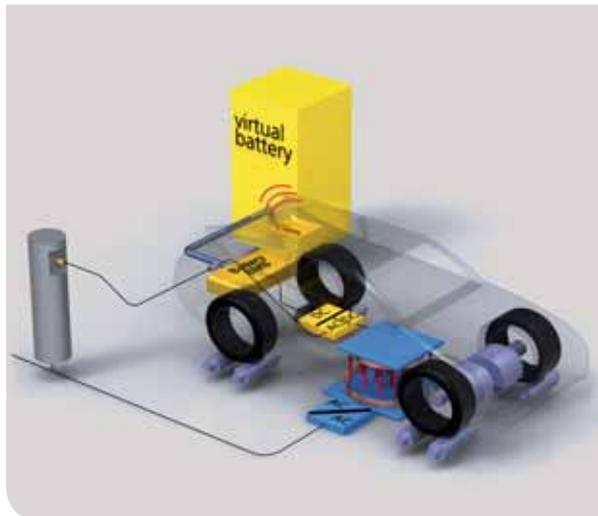
Noch bequemer für den Autofahrer wäre es, wenn die E-Autos eigenständig die nächste induktive Ladestelle anfahren könnten. Ingenieure des Fraunhofer-Instituts für Produktionstechnik und Automatisierung IPA arbeiten an selbstfahrenden Stromern. Ihre Idee: In einem entsprechenden ausgerüsteten Parkhaus kann man künftig sein E-Mobil einfach auf einen beliebigen freien Stellplatz parken. Alles Weitere erledigt das Auto allein. Es stimmt sich mit dem zentralen Rechner ab und fährt dann automatisch zu einer freien Stromtankstelle. Ist es aufgeladen, macht es Platz für das nächste Elektroauto. So ließen sich die wenigen vorhandenen induktiven Ladeplätze sehr effizient nutzen.

Praktisch wäre es auch, wenn sich die Batterie direkt beim Fahren aufladen lassen. Dass dies tatsächlich auch funktioniert, zeigten Forscherinnen und Forscher des IFAM und des IVI gemeinsam mit Firmen auf einer Teststrecke im Emsland. Dort wurden direkt in die Fahrbahn Spulen eingebaut. Fuhr man



Bild oben:  
Straßen zugelassenes Erprobungsfahrzeug »IISB-ONE«:  
Es ist komplett mit am Fraunhofer IISB entwickelten und aufgebauten Komponenten elektrifiziert.  
© Kurt Fuchs/Fraunhofer IISB

Bidirektionales induktives Energieübertragungssystem: Energie wird ohne Einsatz eines Kabels kontaktlos über einen Luftspalt von bis zu ca. 20 cm übertragen.  
© Fraunhofer IWES



mit einen entsprechend ausgestatteten Elektrowagen über das Teilstück, wurden die Batterien mit Strom versorgt.

Für Stadtfahrzeuge der Zukunft entwickelten Experten aus dem IFAM sowie aus den Fraunhofer-Instituten für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit LBF und für Integrierte Systeme und Bauelemente IISB einen innovativen Antriebsstrang. Das System besteht aus einem luftgekühlten elektrischen Radnabenmotor mit einer Spitzenleistung von 18 Kilowatt samt integriertem Umrichter, der für eine maximale Betriebsspannung von 120 Volt ausgelegt ist und die benötigte Spannung generiert. Über einen luftgekühlten, bidirektionalen 500 Ampere Gleichspannungswandler wird der Antrieb mit Energie aus einer 48 V Batterie versorgt.

### Luftgekühlter E-Antriebsstrang

»Radnabenmotoren helfen die Kosten und den Energieverbrauch von Elektrofahrzeugen zu senken. Sie vergrößern das Platzangebot im Fahrzeug und ermöglichen es, durch die unabhängige Drehmomenteinstellung an jedem angetriebenen Rad aktive Fahrsicherheitskonzepte zu realisieren«, erläutert

Felix Horch vom IFAM. In den Motoren kommen neu entwickelte gegossene Spulen aus leichtem und preiswertem Aluminium zum Einsatz. Diese lassen sich exakt an den zur Verfügung stehenden Bauraum anpassen. Das ermöglicht hohe Leistungen. Weiterer Vorteil: Im Gegensatz zu den herkömmlichen Spulen aus Kupfer benötigen sie keine Wasserkühlung. Stattdessen konstruierten die Ingenieure die Felge so, dass ein zusätzlicher Luftstrom entsteht, der den Radnabenmotor effektiv kühlt. Da der Antrieb direkt in das Rad integriert ist, erhöhen sich die Reifen-gefederten Massen. Deshalb setzen die Experten adaptive Fahrwerkskomponenten ein. Smarte Schwingungsdämpfer reduzieren nicht nur die eingetragenen Kräfte, sondern verbessern auch den Fahrkomfort.

### Schlüsselkomponente: Leistungselektronik

Damit sich das E-Mobil bewegt, alle Sicherheits- und Komfortfunktionen immer betriebsbereit sind und die Batterie beim Abbremsen des Fahrzeugs auch wieder aufgeladen werden kann, muss die elektrische Energie intelligent und sehr effizient verteilt und gewandelt werden. An derartigen Komponenten arbeiten Wissenschaftler des IISB seit 15 Jahren. Für die Verteilung von Energie entwickelten sie zum Beispiel einen Wandler, der das Hochvolt-Netz von Elektrofahrzeugen mit dem konventionellen 12 Volt und dem künftigen 48 V Netz koppelt und einen Energietransfer in jede Richtung ermöglicht. »Zudem arbeiten wir an einem System, mit dem sich sowohl Energie als auch Daten kontaktlos an schnell bewegte Komponenten übertragen lassen. Wir haben es bereits in ein Kugellager integriert«, berichtet Dr.-Ing. Bernd Eckardt vom IISB. Der große Vorteil: Induktive Übertragung ist unempfindlich gegenüber Erschütterungen und Umwelteinflüssen wie Schmiermittel oder Öl.

Doch funktionieren die Komponenten auch im Fahrbetrieb? Arbeiten die Systeme im Verbund zusammen? Diese und weitere Fragen untersuchen derzeit Wissenschaftler des IISB. Sie wollen überprüfen, ob die von ihnen gemeinsam mit der Automobilindustrie entwickelten Komponenten wie elektrische Antriebssysteme, integrierte Umrichter, Ladegeräte und Batteriespeichersysteme dem Praxistest standhalten. Deshalb haben die Experten verschiedene Systeme in das Erprobungs- und Demonstrationsfahrzeug »IISB-ONE« eingebaut. Dort sollen die Komponenten auch beim Fahren im Straßenverkehr ihre Leistungsfähigkeit unter Beweis stellen. »Unser Ziel war es, eine flexible alltagstaugliche Forschungsplattform zu schaffen«, betont Eckardt. Das Fahrzeug ist für die Straße zugelassen.

Der Umstieg auf Elektromobilität stellt Politik, Wirtschaft, Wissenschaft und Verbraucher nicht nur vor große Herausforderungen, sondern bietet auch neue Chancen. Mit seinen Innovationen für die automobilen Wertschöpfung der Zukunft legt Fraunhofer wichtige Grundlagen für die erfolgreiche Etablierung der Elektromobilität in Deutschland. ■

# Mobil bleiben

Wie bewegen wir uns im Jahr 2030 fort? Wie muss sich Mobilität in urbanen Räumen wandeln, um effektiv und nachhaltig zu sein? Diese und weitere Fragen untersuchen Experten im Innovationscluster »Regional Eco Mobility 2030 – REM 2030«.

Text: Klaus Jacob



Demonstratorfahrzeug: Im Projekt REM 2030 wurde unter anderem ein innovatives Elektroautokonzept entwickelt.  
© Fraunhofer

Lange Staus gehören in der Stadt längst zum Alltag. Oft ist man mit dem Fahrrad schneller am Ziel als mit dem Auto. Obendrein belasten die vielen Fahrzeuge die Luft, treiben die Feinstaubwerte in die Höhe und schaden dem Klima. Besserung ist nicht in Sicht: Bald werden zwei von drei Menschen in der Stadt leben, es entstehen immer mehr Megastädte und die Zahl der Autos nimmt rapide zu. Der städtische Verkehr, das steht fest, braucht dringend eine Zäsur. Vier Fraunhofer-Institute und drei Institute des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) sowie zahlreiche Unternehmen haben sich deshalb 2011 zu dem Innovationscluster »Regional Eco Mobility 2030« zusammengeschlossen, um neue Wege der individuellen Mobilität aufzuzeigen, ergänzend zum öffentlichen Nahverkehr. Das von der Fraunhofer-Gesellschaft, Landesministerien von Baden-Württemberg und Industrieunternehmen geförderte Projekt hat einen Etat von etwa 12 Millionen Euro und läuft Ende 2015 aus.

Schon jetzt können die Forscherinnen und Forscher eine ganze Reihe von Ergebnissen vorweisen. Besonderes Highlight des Verbundprojekts ist ein innovatives Elektrofahrzeug. Ziel

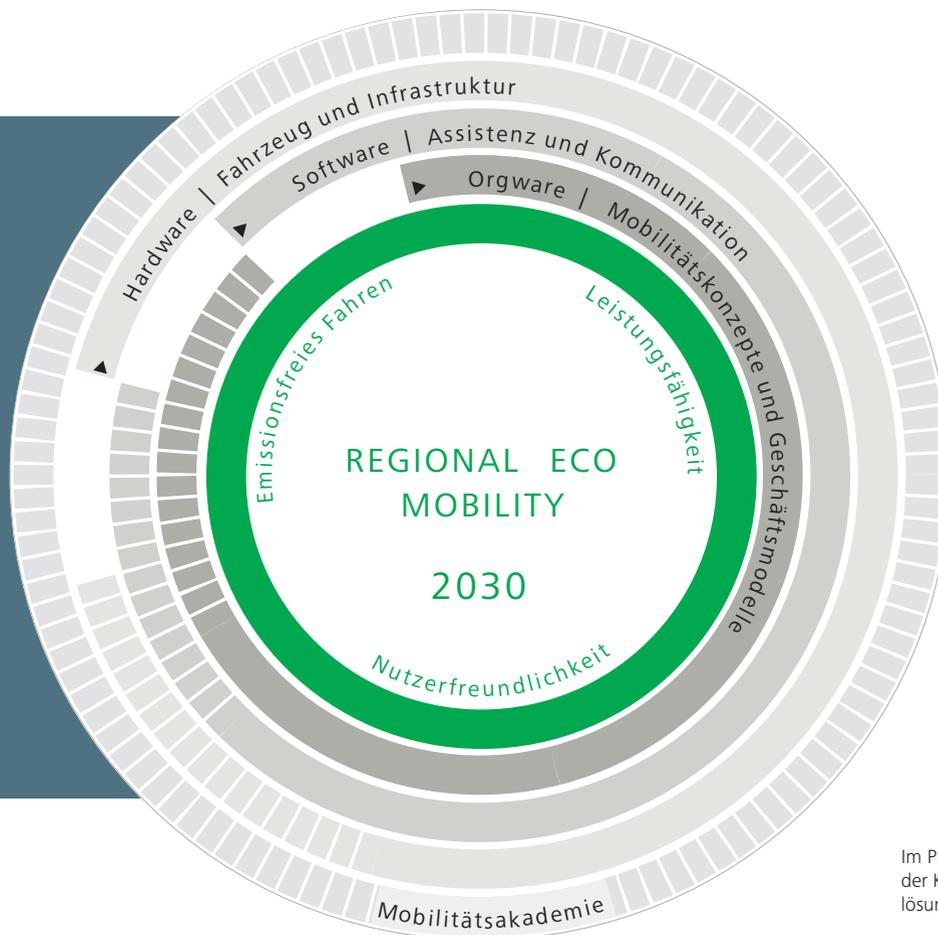
war es, ein Stadtfahrzeug zu entwickeln, das noch in 15 Jahren allen Ansprüchen genügt. Deshalb erfassten die Experten zunächst, welche Anforderungen ein Auto künftig erfüllen sollte, und kamen dabei auf folgende Vorgaben: vier Türen, vier Sitze, relativ leicht (maximal 1200 Kilogramm), nicht zu groß (maximal vier Meter lang) und ausreichende Zuladungsfähigkeit (etwa 350 Kilo). Mit dem Zukunftsauto soll man mindestens 80 Kilometer ohne Nachladen fahren können – Untersuchungen des Fraunhofer-Instituts für System- und Innovationsforschung ISI haben ergeben, dass kaum jemand täglich weiter fährt. Allerdings wollen die Forscher das Fahrzeug auch für längere Fahrten rüsten. Deshalb ist ein »Range Extender« integriert, der die Reichweite bei Bedarf auf mehr als 200 Kilometer erweitert.

## Abwärme nutzen

Das E-Mobil der Wissenschaftler erfüllt alle diese Vorgaben. Der Wagen entstand auf dem Chassis eines Audi A1 Sportsback. In seinem Inneren stecken zahlreiche Innovationen – wie etwa ein intelligentes Wärmemanagement. Überall, wo Wärme entsteht, ob im Elektro-

motor, in der Leistungselektronik oder der Batterie, wird sie entnommen und dorthin geführt, wo sie gebraucht wird. Bisher wird die Abwärme von elektrischen Antriebskomponenten nicht genutzt. Bei einem Wirkungsgrad von bis zu 97 Prozent, so die Philosophie, lohnt sich das kaum. Der Nachteil: Die Fahrgastzelle muss im Winter mit Akku-Strom beheizt werden, was den Aktionsradius des Autos erheblich einschränkt. Und wenn man bei Frost die Traktionsbatterie nicht erwärmt, wird das Auto zur lahmen Ente. Bei 20 Minusgraden kann es 40 Prozent seiner Leistung verlieren, wenn nicht sogar die Batterie Schaden nimmt. Im REM-2030-Technologieträger gibt es solche Probleme nicht. Die Traktionsbatterie, ein etwa 130 Kilogramm schweres Hochleistungsaggregat, das die Partner eigens entwickelt haben, wird – falls nötig – vor dem Losfahren auf Temperatur gebracht. Meist muss man sie aber kühlen, das heißt, sie gibt nutzbare Wärme ab.

Die Experten entwickelten auch einen besonders kompakten Elektromotor. Möglich machte diese Miniaturisierung eine neuartige Wicklung der Spule. Die Ingenieure nutzen einen flachen Draht und nicht wie üblich einen runden. Das



Im Projekt REM 2030 arbeiten Experten an der Konzeption ganzheitlicher Mobilitätslösungen. © rem2030

erhöht die Packungsdichte. Zudem verlaufen zwischen den Drähten Kühlleitungen, so dass die Abwärme sofort abfließen kann. So lässt die Motorleistung selbst bei hoher Belastung nicht nach und die Magnetmaterialien der permanenten Synchronmaschine werden nicht beschädigt. Dank der kompakten Bauweise lassen sich höhere Drehzahlen realisieren. So kommt der kleine und leichte Motor auf die gleiche Leistung von 50 kW Dauerleistung (80 kW Peak) wie ein herkömmlicher Elektromotor.

### Getriebe mit zwei Gängen

Eine weitere Innovation ist das Zwei-Gang-Getriebe, das mit dem Elektromotor eine Einheit bildet. Bislang haben E-Fahrzeuge nur einen Gang. Der Nachteil: Bei hohen Geschwindigkeiten nimmt der Wirkungsgrad ab. Anders beim REM-Mobil. Es schaltet ab 80 Stundenkilometer einfach in den zweiten Gang hoch – und bleibt effizient und agil. Obendrein ist ein neuartiger Stromwandler eingebaut, der für eine stabile Antriebsspannung sorgt. Bei herkömmlichen Elektroautos sinkt die Spannung mit zunehmender Entladung der Batterie und macht das Fahrzeug müde.

Um die Reichweite des Stroms bei Bedarf zu erhöhen, haben die Ingenieure eine Brennstoffzelle eingebaut. Sie wird mit einem Methanol-Wasser-Gemisch betrieben, das aus herkömmlichen Zapfsäulen fließen kann und im Auto keinen speziellen Speicher erfordert. Ein handlicher Reformier erzeugt daraus den nötigen Wasserstoff. Bei Fahrtantritt springt die Brennstoffzelle an und speist mit einer konstanten Leistung von knapp 5 kW den Akku. Das genügt, um die Reichweite auf bis zu 250 Kilometer zu erhöhen. Doch das beste Elektrofahrzeug nutzt nichts, wenn es keine Käufer findet. Wie kann man Autofahrer für Stromer begeistern? Auch das haben die Forscher untersucht. Das Ergebnis: »Die Akzeptanz steigt mit der Nutzung«, sagt der Koordinator des Projekts REM 2030 Professor Martin Wietschel, Leiter des Geschäftsfelds Energiewirtschaft am ISI.

Arbeiten von ISI-Psychologen zeigen, dass nicht nur der hohe Preis der E-Mobile abschreckt, sondern auch falsche Vorstellungen. »Wer einmal einen Elektrowagen ausprobiert hat, ist begeistert«, berichtet Wietschel. »Wir empfehlen Politikern deshalb, E-Fahrzeuge zu Testzwecken zur Verfügung zu stellen.«

Das Elektroauto ist nur eines der Ergebnisse des Innovationsclusters. Die interdisziplinäre Zusammenarbeit hat noch weitere Lösungen erbracht, wie etwa das automatische Fahren ins Parkhaus. Mit diesem Kniff kann man die Wagen viel dichter stellen und die Kapazität der Parkhäuser erhöhen. »Zusätzlich zu den rein technischen Innovationen sollen auch neue Organisationslösungen helfen, die Effektivität der urbanen Mobilität zu verbessern«, betont Wietschel. »Wir verfolgen einen neuen Mobilitätsansatz, der sich aus dem Zusammenspiel dreier Fahrzeugkonzepte ergibt: Dabei kommen elektrische Fahrräder auf kürzeren Strecken, speziell für die Stadt entwickelte Kleinst-Elektrofahrzeuge sowie herkömmliche Autos für weitere Strecken zum Einsatz.«

 [www.rem2030.de](http://www.rem2030.de)

Damit sich die unterschiedlichen Fahrzeuge effektiv nutzen lassen, müssen diese durch Software noch besser untereinander sowie mit Carsharing-Angeboten und dem öffentlichen Nahverkehr verbunden werden. Erst diese intelligente Vernetzung kann dazu führen, dass die Nutzer die verschiedenen Mobilitätssysteme akzeptieren und auch kombinieren. ■

## Computertomographie vom Dinosaurier

Ansprechpartner: Thoralf Dietz,  
thoralf.dietz@iis.fraunhofer.de

Im Jahr 2013 haben Forscher des Naturalis Biodiversity Center, Leiden, Niederlande, einen außergewöhnlichen Fund im US-amerikanischen Bundesstaat Montana gemacht: einen der besterhaltenen Tyrannosaurus rex aller Zeiten. Die verbliebenen Reste des weiblichen Dinosauriers werden auf ein Alter von 66,4 Millionen Jahren datiert.

Um Forschern einen Einblick in die inneren Strukturen dieses Funds zu erlauben, ohne das fragile Skelett zu gefährden, ist Know-how von Fraunhofer gefragt: Mittels weltweit einzigartiger XXL-Computertomographie-Technologie erstellten Experten am Fraunhofer-Entwicklungszentrum Röntgentechnik EZRT in Fürth, einem Bereich des Fraunhofer-Instituts für Integrierte Schaltungen IIS, hochauflösende CT-Daten von dem Dinosaurier.

Das präzise Tomographieren des Schädels begünstigt die Konservierung und Präparation. Unerwartete Überraschungen wie beispielsweise verborgene Bruchstellen sind im Vorfeld zu erkennen. Mit den Röntgendaten lassen sich zudem mittels 3D-Druckverfahren originalgetreue Kopien des Skeletts anfertigen

CT-Aufnahme eines T-Rex-Schädels, die mit dem weltweit größten Computertomographen aufgenommen wurde.  
© Naturalis Biodiversity Center/Fraunhofer IIS



Lightwork: Energieeffizienz und Lichtergonomie am Wissensarbeitsplatz.  
© Fraunhofer IAO

## Arbeiten mit dem »richtigen« Licht

Ansprechpartnerin: Juliane Segedi, juliane.segedi@iao.fraunhofer.de

Licht und Farbe wirken sich auf das menschliche Befinden aus. Welche Effekte eine gezielte, intelligente Beleuchtung am Arbeitsplatz hat und wie die Beleuchtung mit LED angenommen wird, untersuchte das Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO in der Studie »LightWork«.

Dazu statteten die Forscher insgesamt 16 Arbeitsplätze im Light Fusion Lab des IAO, ein Labor sowie die Flure mit verschiedenen LED-Beleuchtungssystemen aus. Die Anwender konnten Beleuchtungsstärke und Farbtemperatur individuell einstellen. Neben dem Nutzerverhalten zu den unterschiedlichen Tages- und Jahreszeiten untersuchten die Lichtforscher auch, wie und ob die Anwender eine dynamische und individualisierbare

Lichtumgebung selbstständig und ihren Bedürfnissen entsprechend einstellen. Über einen Zeitraum von zwei Jahren haben die Experten relevante Lichtsteuerungsdaten gesammelt und ausgewertet.

Die Ergebnisse: Intelligente Beleuchtungssysteme helfen, den Energieverbrauch zu senken. Geht das Licht im Flur nur an, wenn jemand da ist, lässt sich mehr als ein Viertel der Beleuchtungszeit einsparen. Zudem wirken sich die Jahreszeiten aus. Im Frühjahr und Sommer werden kältere Lichtspektren gewählt, im Herbst und Winter wärmere. Wer im Einzelbüro arbeitet, nutzt stärker die Lichtgestaltung. In Büroräumen mit mehreren Arbeitsplätzen wird die Beleuchtung weniger individuell gesteuert.

## Gutes Klima ohne Lärm

Ansprechpartnerin: Anke Zeidler-Finsel, anke.zeidler-finsel@lbf.fraunhofer.de

In modernen Wohn- und Bürogebäuden gibt es immer mehr Zwangslüftungen oder Klimasysteme. Das bringt zwar frische Luft, aber oft auch störende Lüftungsgeräusche und ungewollte Schallübertragungen aus Nachbarräumen oder Fluren mit sich. Um Lüftungskanäle leiser zu machen, entwickelt das Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit LBF kompakte aktive Schallschutzmodule. Basierend auf dem Prinzip des aktiven Gegenschalls können

die Systeme lästige Lüftungsgeräusche und Schalltransmissionen reduzieren. So steigern sie den Wohn- und Arbeitskomfort und schützen die Privatsphäre. Bisher kommen in diesem Bereich überwiegend passive Schalldämpfer mit porösem Absorptionsmaterial oder Helmholzresonatoren zum Einsatz. Sie brauchen jedoch vor allem bei tiefen Audiofrequenzen unverhältnismäßig große Schalldämpfer und sind daher nicht so effizient.

# Gemeinsam weiter.vorn

Liebe Leserinnen und Leser,

um das **Fraunhofer-Magazin** weiterzuentwickeln,

bitten wir um Ihre Unterstützung. Was gefällt Ihnen an »weiter.vorn«?

Wo könnten wir uns **verändern**? Ihre Rückmeldung hilft uns dabei

**besser** zu werden und das Fraunhofer-Magazin weiter voran zu bringen.

»weiter.vorn«  
Leserumfrage



**10 Minuten** Ihrer Zeit für gesteigertes Lesevergnügen.

Nutzen Sie die Gelegenheit, uns Ihre Meinung mitzuteilen und das Fraunhofer-Magazin mit zu gestalten. Hier geht's zum Online-Fragebogen:

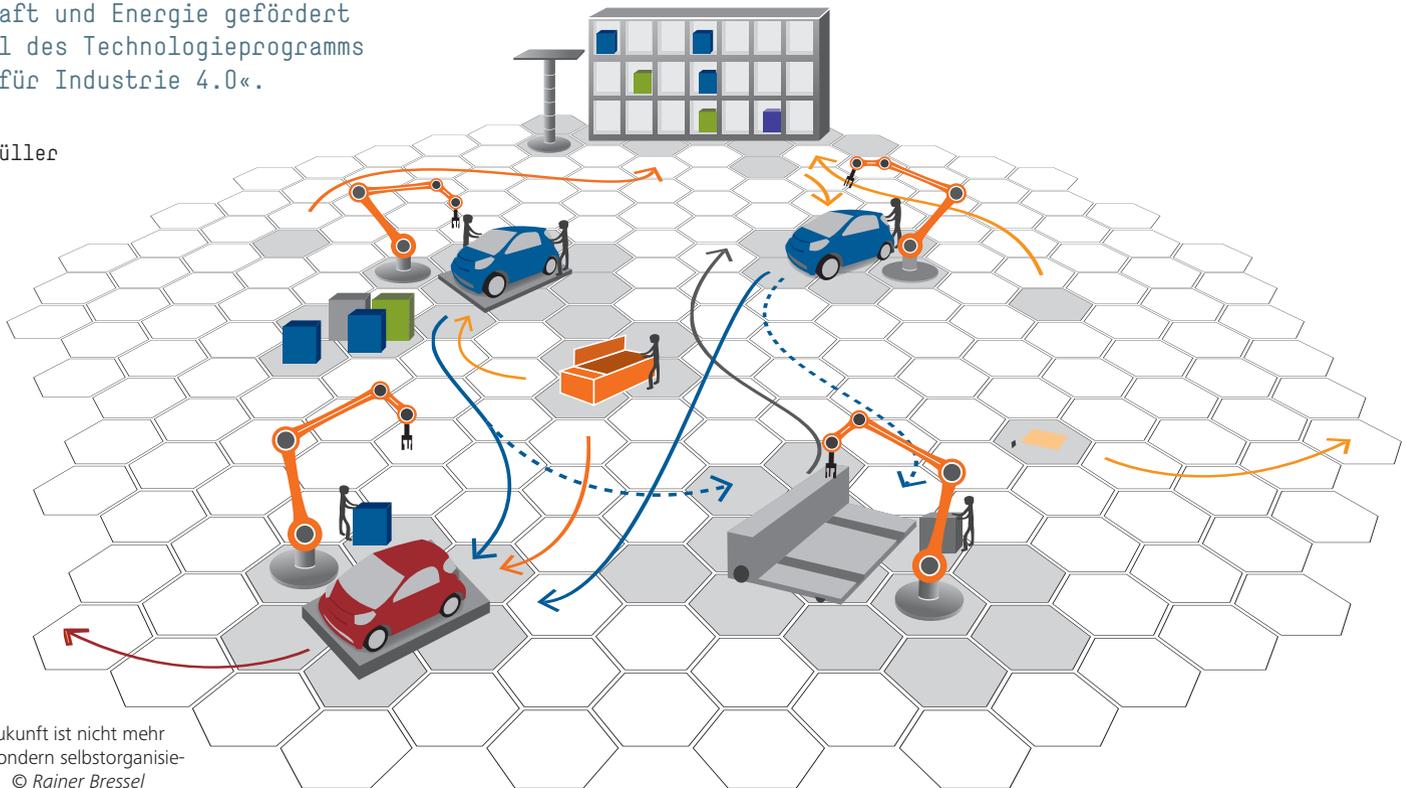
<http://s.fhg.de/weiter-vorn-umfrage-15>



# Die autonome Autofabrik

Die Produktion der Zukunft steuert sich selbst. Wie das gehen kann, untersuchen Fraunhofer-Forscherinnen und -Forscher mit Partnern im Projekt SMART FACE. Das Vorhaben wird vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie gefördert und ist Teil des Technologieprogramms »AUTONOMIK für Industrie 4.0«.

Text: Bernd Müller



Die Montage der Zukunft ist nicht mehr zentral gesteuert, sondern selbstorganisierend und dezentral. © Rainer Bressel

## SMARTFACE-Partner

- VOLKSWAGEN AG
- SICK AG
- F/L/S Fuzzy Logik Systeme GmbH
- Continental Teves AG & Co. oHG
- Lanfer Automation GmbH & Co.KG
- LinogistiX GmbH
- Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik IML
- Technische Universität Dortmund



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

Die Automobilindustrie steht vor einem Zielkonflikt: Einerseits soll die Produktion so kosteneffizient wie möglich sein – das geht am besten mit einer hoch ausgelasteten Fließbandfertigung und maximaler Automatisierung. Unter der starren Verkettung des Fließbandes leidet jedoch die Wandlungsfähigkeit der Fabrik. Andererseits soll auf die steigende Nachfrage nach individuell ausgestatteten Fahrzeugen flexibel reagiert werden können. Wenn Käufer vom Muster der Sitzpolster bis zur Auslegung des Fahrwerks eigene Wünsche verwirklichen wollen, kommt man bei manchen Automodellen auf bis zu  $10^{25}$  unterschiedliche Varianten. Losgröße 1, die völlig individuelle Produktion nach Kundenwunsch, spielt in der Automobilindustrie eine immer größere Rolle – erst recht, wenn künftig auch noch

die Nachfrage nach Elektrofahrzeugen wächst. Die individuelle Fahrzeugproduktion in Kleinserien ist eine komplexe Aufgabe. Für Montagelinien mit starrer Verkettung steigen die Flexibilitätsanforderungen drastisch an. Es werden immer mehr Linien benötigt, die unterschiedliche Varianten verarbeiten können. Gerade in einem so beweglichen Umfeld wie der Elektromobilität ist der Einstieg in wandlungsfähige Produktionsstrukturen daher eine Alternative zum Fließbandprinzip. Im Projekt SMART FACE (Smart Micro Factory für Elektrofahrzeuge mit schlanker Produktionsplanung) arbeiten acht Partner aus Wissenschaft, Automobil- und IT-Industrie (siehe Kasten) an einer Strategie für eine inselbasierte, autonome Endmontage der Fahrzeuge sowie an einer flexiblen, schlanken

Produktionsplanung nach den Prinzipien von Industrie 4.0.

Bisher werden Produktionsprozesse von einer umfassenden IT-Infrastruktur gesteuert, die zentral alle Fertigungs- und Montageaufgaben sowie Materialflüsse vom Zulieferer bis zur Montagestation koordiniert. Das schränkt die Flexibilität für kurzfristige Reihenfolgeänderungen der Aufgaben stark ein. Anders bei SMART FACE. Hier liegt die Planungsintelligenz nicht in einer übergeordneten Software, sondern dezentral verteilt in einem selbstorganisierenden Netzwerk Cyber-Physischer Systeme. In der Welt von Industrie 4.0 sind damit Dinge in einer Fabrik gemeint, die eigene Sensoren, Aktoren und eingebettete Software besitzen und miteinander kommunizieren. »Das können Montagestationen, Materiallager oder Transportfahrzeuge sein, die Teile fahrerlos an die Montagestationen liefern. In Zukunft sollen diese Cyber-Physischen Systeme die Produktion spontan selbst organisieren, ganz ohne zentrale Intelligenz«, erläutert Oliver Seiss, Logistik-Experte am Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik IML in Dortmund und SMART FACE-Projekt Koordinator.

Ein Beispiel, wie so etwas aussehen könnte: In der Autofabrik der Zukunft gibt es mehrere Arbeitsstationen, die nicht mehr in einer festen Abfolge hintereinander am Fließband stehen, sondern in prinzipiell beliebiger Position in der Fabrikhalle. Fällt eine Montagestation aus, wird in Zukunft nicht mehr die gesamte Linie stillstehen. Der Einsatz Cyber-Physischer Systeme ermöglicht eine spontane Umplanung der Montagereihenfolge, sofern die Montagetararbeiten nicht direkt voneinander abhängig sind. Daher ist in der autonomen Autofabrik nicht mehr vorher festgelegt, was wann wo geschieht – das macht sie so wandlungsfähig und flexibel. Deswegen muss aber noch lange kein Chaos herrschen, denn es gibt neuartige Regeln auf Planungs- und Steuerungsebene. Eine Vorgabe könnte sein, dass das zu bestückende Fahrzeug möglichst kurze Wege in der Fabrik zurücklegt, denn jeder Transport kostet Zeit und Energie. Ob diese oder andere Regeln sinnvoll sind, untersuchen die Projektpartner derzeit.

Doch wer wacht darüber, dass die Regeln eingehalten werden, insbesondere wenn diese sich widersprechen? Das ist der wohl entscheidende Paradigmenwechsel – in der Fabrik 4.0 gibt es keine Hierarchien mehr, es gibt auch keine zentrale Produktionssteuerung, die von oben herab alle Arbeitsschritte plant. Unter Berücksichtigung der physischen Gegebenheiten

sind alle Bearbeitungsstationen und alle Bauteile, die keinen direkten Einfluss aufeinander haben, vorerst hierarchisch gleichgestellt. Welche Bauteile in welcher Reihenfolge verbaut werden, handeln die Cyber-Physischen Systeme untereinander aus.

Das geschieht über ein Multiagentensystem. Dies umfasst eine Vielzahl von Softwareagenten, die auf den einzelnen Teilnehmern des CPS-Netzwerks installiert sind. Sie handeln untereinander, autonom und vorausschauend Bedingungen aus, die zum optimalen Betrieb des Produktionssystems beitragen. Best möglicher Betrieb bedeutet zum Beispiel, dass die Fahrzeuge schnell und kosten- und energie-sparend produziert werden. Von »kostengünstig« möchte Oliver Seiss dennoch nicht reden, eher von »kostenoptimal«. »Die selbstorganisierende Fabrik der Zukunft ist nicht dazu da, Autos so billig wie möglich zu machen, da ist die hochautomatisierte Fließbandfertigung unschlagbar«, sagt Seiss. »Es geht vielmehr darum, eine Balance aus Kosten und Individualisierung zu finden.«

Im Kleinen ist die Vision der Projektpartner schon Realität geworden. Auf der Hannover Messe 2015 zeigte das vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie mit knapp 3 Millionen Euro geförderte Projekt eine Mini-Demo. Präsentiert wurde ein miniaturisierter Ausschnitt einer sich selbstorganisierenden Montage mit vier Arbeitsstationen, einem Supermarkt und vier kleinen Transportfahrzeugen, welche Miniaturkarossen und Bauteile zwischen den Stationen transportierten. Scheinbar planlos, tatsächlich aber von den Agenten nach sinnvollen Kriterien gesteuert, schwärmten die Fahrzeuge zu den Stationen, um eine reibungslose Produktion und Materialbereitstellung zu gewährleisten.

Dass das nicht nur hübsch anzusehen ist, sondern auch in einer echten Fabrik funktioniert, sollen große Demonstratoren bekräftigen, die im letzten Arbeitspaket vor dem Projektende im November 2016 errichtet werden. In einer Testhalle am IML sollen Schwärme von autonomen Fahrzeugen, wie sie auch heute schon in Fabrikhallen unterwegs sind, mehrere Montagestationen versorgen. Zudem planen die Praxispartner des Projekts, unternehmensintern zu untersuchen, wie das entwickelte Konzept künftig auf ausgewählte Teilprozesse der echten Produktion übertragen werden kann. So wird durch SMART FACE die Grundlage für die industrielle Umsetzung der selbstorganisierenden Fabrik systematisch vorbereitet. ■

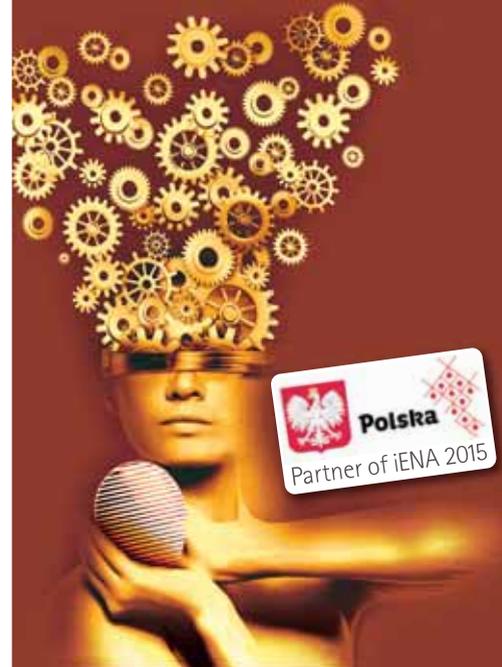
Internationale Fachmesse  
Ideen · Erfindungen · Neuheiten

**iENA**  
2015

In Kombination mit:

**START  
MESSE**  
Gründung  
Finanzierung  
Nachfolge  
Franchising  
31.10.-1.11.  
MESSE NÜRNBERG

29. Okt. - 1. Nov.



- **Neue Ideen für den Markt.**  
Die iENA 2015 Nürnberg ist der internationale Markt für Ideen, Erfindungen und Neuheiten.
  - **Wichtig für alle,** die Erfindungen und Neuheiten verwerten und Top-Kontakte zu Erfindern suchen.
  - **iENA-Symposium**  
„Mit der Idee zum Erfolg“, Samstag, 31.10., 10-12:30 Uhr (Teilnahme im iENA-Eintritt enthalten)
  - **Innovationsseminar:**  
„Strategien des Innovations- Managements“, Freitag, 30.10., 10-16 Uhr (Teilnahme im iENA-Eintritt enthalten)
  - **Fachberatung und Information**
- Messe Nürnberg · Halle 12

In Kooperation mit:



Veranstalter/Organisation  
AFAG Messen und Ausstellungen GmbH

☎ 09 11-9 88 33-570

iena@afag.de · www.iena.de

Durch den Einsatz der DRAGONFLY-Technologie ist es möglich, hochaufgelöste Röntgenbilder während der Bewegung des Bauteils aus unterschiedlichen Perspektiven zu erstellen. © Fraunhofer IIS



## Kein Stopp-and-Go mehr in der Qualitätssicherung



Eine neue Röntgenprüftechnik halbiert die Prüfdauer von Gussteilen. Und nicht nur das: Sie spart auch Platz, Investitions- und Betriebskosten. Die Technologie liefert buchstäblich am laufenden Band hochauflösende Bilder aus dem Inneren der Werkstücke. Das Verfahren könnte die Qualitätssicherung in der Massenfertigung revolutionieren.

Der Preisdruck in der Automobilindustrie ist ebenso hoch wie die Qualitätsstandards. Zulieferer von Bauteilen wie Leichtmetall-Gussrädern, Fahrwerksteilen, Zylinderköpfen oder Kurbelgehäusen müssen ihre Teile schnell entwickeln, kostengünstig herstellen und vor allem fehlerfrei ausliefern. Damit kommt der Qualitätskontrolle eine zentrale Rolle zu. Auch bei hohen Stückzahlen muss zügig und zuverlässig kontrolliert werden, ob sich nicht etwa feine Poren oder Lunken, wie Hohlräume in der Fachsprache heißen, gebildet haben. Das Problem gängiger Verfahren: Größere Teile müssen für eine Röntgenaufnahme zwischen der Röntgenquelle und dem Detektor bewegt werden. Bis dato

hält der Manipulator, meist ein Roboter, das Bauteil immer wieder an, damit die Aufnahmen aus dem Inneren des Prüflings gemacht werden können. Dieses Stopp-and-Go-Verfahren in der Qualitätssicherung dauert.

Durch die neue DRAGONFLY-Technologie des Fraunhofer-Entwicklungszentrums Röntgentechnik, einem Bereich des Fraunhofer-Instituts für Integrierte Schaltungen IIS, ist es nun möglich, hochaufgelöste Röntgenbilder während der Bewegung des Bauteils aus unterschiedlichen Perspektiven zu erstellen. Das spart drastisch Zeit. »Die Belichtungszeit für die Aufnahme einer Position dauert nun nur rund fünf Millisekunden

– mit herkömmlicher Technik dauert das etwa achtmal länger«, erklärt Thomas Stocker, Leiter des Projekts DRAGONFLY am EZRT. Er liefert auch gleich die Erklärung für den Namen des innovativen Verfahrens: »Das System muss so schnell und wendig sein wie eine Libelle. Deshalb haben wir uns für den englischen Namen der Libelle, dragonfly, entschieden.« Außerdem kann das Insekt seine Bewegungsrichtung abrupt ändern. »Genau das machen wir mit unserem Roboter auch: Er dreht die Prüfteile in verschiedene Positionen, wobei die Bilder noch in der Bewegung aufgenommen werden«, erklärt Stocker. Auch der von Fraunhofer-Forschern entwickelte und gebaute Detektor XEye zeichnet sich durch eine spontane und frei einstellbare Belichtungszeit aus – das ist einzigartig. Insgesamt verkürzt sich die Prüfungszeit eines Gussteiles um die Hälfte, was in der Massenfertigung ein großer Schritt ist.

### Technologie senkt die Prüfzeit um bis zu 50 Prozent

Aber noch an einer anderen Stelle hat die neue Technologie das Zeug, den gesamten Prozess deutlich zu verschlanken, denn damit bei der herkömmlichen Qualitätssicherung auch bei hohen Stückzahlen die Bauteile schnell auf Defekte untersucht werden können, müssen gleich mehrere Prüfanlagen aneinandergereiht werden. Ein Maschinenpark, der nicht nur hohe Investitionskosten verursacht, sondern auch hohe Energie-, Wartungs- und Personalkosten mit sich bringt. Dieser Aufwand entfällt mit der Libellen-Lösung: Unternehmen kommen mit deutlich weniger Prüfsystemen aus. »War es bisher oft nötig, mehrere Prüfanlagen parallel zu betreiben, um den geforderten Durchsatz zu erzielen, kann dies mit der DRAGONFLY-Technologie unter Umständen mit einer einzigen Anlage erreicht werden«, erläutert Stocker. Das senkt die Investitionskosten. »Zwar ist die für das System verwendete Röhre, die aus der Medizintechnik stammt, zehn bis 15 Prozent teurer als eine herkömmliche, doch die Produktivität steigt mit der innovativen Anlage um bis zu 50 Prozent, womit sich bemerkenswerte Kostenvorteile einfahren lassen. Außerdem ist die Hochleistungsrohre wartungsfrei«, betont der Experte.

Den Prototyp entwickelten die Fraunhofer-Forscher gemeinsam mit der Siemens AG sowie dem Systemintegrator Erhardt + Abt. Die Röntgenprüfung läuft dabei vollautoma-

tisch ab. Eingesetzt wird für die Prüfanlage mit Sieben-Achs-System ein sechsachsiger Roboter von Kuka, der die Anlage bestückt und die Prüfbjekte positioniert. Erhardt + Abt hat die neuartige Aufnahmetechnik bereits in ihrer Prüfanlage »Neidetet Fleck« erprobt und auch bei der Qualitätssicherung von Rädern gute Erfahrungen gesammelt. Was noch aussteht, sind Dauertests, denn die Anlagen müssen sich im 24/7-Betrieb bewähren. Die gewonnenen Daten des bildgebenden Verfahrens werden mit den von Fraunhofer entwickelten Softwarelösungen ISAR (2D) und PIDA (3D) ausgewertet. »Die Softwarepakete sind das Herzstück, denn ohne automatische Auswertung der Aufnahmen macht das System nur bedingt Sinn«, sagt Stocker. Die ausgefeilte Software sorgt für deutlich weniger Falschmeldungen: Durch falsche Detektionen werden mit aktuellem Stand der Technik zu oft »gute«, also einsatzfähige Bauteile, weggeworfen oder aber manch schlechtes Teil gelangt in die Fertigungskette und wird erst zu einem sehr späten Zeitpunkt aussortiert. Ein frühes und eindeutiges Urteil der Software trägt dazu bei, Kosten zu sparen. Die Technologie gewährleistet, dass jede Prüfung objektiven Kriterien folgt und reproduzierbar ist.

### Beitrag zur smarten Produktion

»Das System hat das Potenzial, die bisherige Praxis in der Qualitätssicherung von sicherheitsrelevanten Guss-Bauteilen erheblich zu rationalisieren, zum Beispiel im Fahrwerksbereich«, ist Prof. Randolf Hanke, Bereichsleiter des Fraunhofer-Entwicklungszentrums Röntgentechnik und Leiter des Fraunhofer-Instituts für Zerstörungsfreie Prüfverfahren IZFP in Saarbrücken, überzeugt. Vor allem in der Automobilindustrie, aber auch der Luft- und Raumfahrttechnik sind solche Systeme gefragt. Allein für die Räderprüfung wird der weltweite Bedarf pro Jahr auf 80 Anlagen geschätzt. Denkbar ist auch, die Technik künftig einzusetzen, um die Qualität von hochwertigen Kunststoffteilen zu kontrollieren. Mehr noch: Solche Technologien können langfristig auch einen Beitrag zur smarten Produktion der Industrie 4.0 liefern. Dank der Daten, die die Prüfanlagen liefern, lässt sich früh erkennen, wenn in der Fertigung etwas schief läuft. Der Prozess kann sofort optimiert werden, ohne dass viel Ausschuss produziert wird. »In Zukunft wäre die Prüfung dann ein intelligentes Instrument des Prozess-Monitorings und nicht nur ein notwendiges Übel«, schätzt Stocker ein. ■

**Fiber Optics, Components and Fiber Coupled Laser Sources**  
polarization maintaining for wavelengths 350 - 1700 nm  
Made in Germany

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

Inclined fiber coupling axis

Common Fiber

NEW Endcap

Fibers with End Caps  
Reduced power density at fiber end-face by a factor **100**

RGBV

Fiber collimator 60FC-...

**Fiber Port Clusters for Magneto Optical Traps**

Postcard-sized replacement of a 1m<sup>2</sup> breadboard setup.

In global use:

Austria	Italy	India
France	UK	PR China
Spain	USA	Japan
Germany	Switzerland	Republic of Korea
Russia		

**Measurement System**

**Polarization Analyzer Series SK010PA-...**  
Interface: USB 3.0 · Multiple Wavelength Ranges 350 - 1600nm

Fiber collimator 60FC-Q-...

Adapter for fiber connector

Adjustment of quarter-wave plate

Adjustment of right and left handed circular polarization

Measurement of polarization extinction ratio

Connector key

Core Alignment

Good

Bad

**LOW NOISE LOW COHERENCE and REDUCED SPECKLE**

**Fiber Coupled Laser Sources 51nanoFI-... / 51nanoFCM-...**

with singlemode and polarization-maintaining fiber cables

Fabry Perot Interferometry

Applications: Laser Deflection Measurement

Atomic force microscopy

Nanotube

51nanoFI-...

Power Control

Faraday Isolator

**Special Developments and Customized Solutions**

**Laser and Fiber Optics Components for Space Applications**

**Schäfter + Kirchoff GmbH**  
info@SukHamburg.de www.SukHamburg.com

Schäfter+Kirchoff develop and manufacture laser sources, line scan camera systems and fiber optic products for worldwide distribution and use.

Made in Germany

# 3D-Print wie am Fließband

Mit einem neuen Verfahren lassen sich Kunststoff-Bauteile kontinuierlich drucken.

Text: Frank Grotelüschen

Im Büro kennen wir es seit Jahrzehnten: Ein Klick aufs Druckersymbol, und schon schiebt sich das DIN A4-Blatt eng beschrieben aus dem Gerät. Dagegen ist eine andere Technik noch relativ jung: der 3D-Druck. Hier entwirft man ein Bauteil einfach am Rechner. Anschließend baut es ein Spezialdrucker Schicht für Schicht auf, etwa indem er einen flüssigen Kunststoff aushärtet.

Obwohl sie noch neu sind, haben sich 3D-Printer in manchen Bereichen schon durchgesetzt. »Ihr Vorteil ist die große Flexibilität«, schwärmt Juan Isaza vom Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM in Bremen. »Mit ein und derselben Anlage können wir völlig unterschiedliche Bauteile fertigen.« Die Designfreiheit scheint grenzenlos. Zudem entfällt eine teure Lagerhaltung: Die Bauteile lassen sich unkompliziert und schnell herstellen, quasi auf Abruf. Nicht zuletzt schont die Technik Ressourcen und Umwelt, denn sie braucht nicht mehr Material, als man tatsächlich benötigt.

## Einsatz in der Zahntechnik: Das neue Gebiss auf dem 3D-Drucker

Zum Einsatz kommen 3D-Drucker heute bereits in der Medizintechnik, etwa zur Produktion von Zahnimplantaten: Kronen, Brücken und Schienen lassen sich patientenindividuell und präzise fertigen. Statt wie gewöhnlich einen Abdruck zu machen, erfasst ein Spezialscanner die Eigenheiten des jeweiligen Gebisses. Ausgehend von den Scannerdaten steuert der Rechner dann den Printer an und druckt den Zahnersatz direkt aus.

Mit derselben Technik lassen sich auch Hörgeräte herstellen, die möglichst passgenau in der Ohrmuschel sitzen sollen. Und sogar Schmuck kommt mittlerweile aus dem 3D-Drucker. »Hier sehen wir einen Trend zu individualisierten Produkten«, erklärt Isaza. »Dank des 3D-Druckers sind die Designer heute in der Lage, solche individuellen Schmuckstücke tatsächlich herzustellen.« 3D-Printer gibt es in verschiedenen Varianten. Manche Geräte verarbeiten feste

Ausgangsmaterialien, zum Beispiel Metallpulver. Andere verwenden flüssigen Kunststoff, der unter Lichteinwirkung Schicht für Schicht fest wird. Das Entscheidende dabei: Jede Schicht kann eine andere Form besitzen – nur dadurch lassen sich hochkomplexe Geometrien erzeugen. Das schaffen die Experten durch einen verblüffenden Trick: »Dazu benutzt man einen umgebauten Beamer, der ein Muster aus Licht und Schatten erzeugt«, erläutert Isaza. Dieses Muster wird auf den zu härtenden Kunststoff projiziert. Wo Licht ist, wird das Material fest. Wo Schatten dominiert, bleibt das Material flüssig.

Ist eine Schicht fertig, fährt die Platte, auf der das Bauteil entsteht, ein kleines Stück weiter – die nächste Schicht kann entstehen. Diese Prozedur wiederholt sich so lange, bis das Bauteil fertig ist. Doch das Verfahren hat einen Nachteil: Die Platte, auf der die Bauteile wachsen, hat nur eine begrenzte Fläche. Ist sie voll, muss man die Maschine stoppen und die Platte auswechseln. Erst dann kann das Gerät fortfahren.

Diese Unterbrechung wollten die Forscherinnen und Forscher des IFAM vermeiden und fanden eine raffinierte Lösung. Sie ersetzen die Bauplatte durch eine Walze. Der untere Teil des Zylinders taucht in ein mit flüssigem Kunststoff gefülltes Glasbecken ein und dreht sich dann ein Stückchen weiter. Dabei bleibt eine dünne Polymerschicht, die ähnlich wie Farbe an einem Farbröller an der Walze haftet. Dieser Kunststofffilm wird dann selektiv mit Licht bestrahlt (Digital Light Processing-Prinzip) und härtet aus. So wird Schicht für Schicht ein dreidimensionales Bauteil auf dem Zylinder aufgebaut. »Das neu ausgehärtete Material haftet sich an die bereits vorhandenen Schichten«, erläutert Isazas Kollege Ngoc Quy Le, Student an der Universität Bremen. »Dadurch entsteht ein regelrechter Schichtstapel.« Sind die Bauteile fertig, werden sie automatisch abgetrennt. Damit ist die Substratfläche wieder frei und die Produktion der nächsten Komponenten kann starten. Der Prozess wird nicht mehr unterbrochen. »Ich

könnte den Drucker abends starten und die ganze Nacht laufen lassen, ohne zwischendrin Hand anlegen zu müssen«, sagt Juan Isaza. »Damit könnte der 3D-Druck effektiver und kostengünstiger werden.«

## Ideal für die Kleinserie

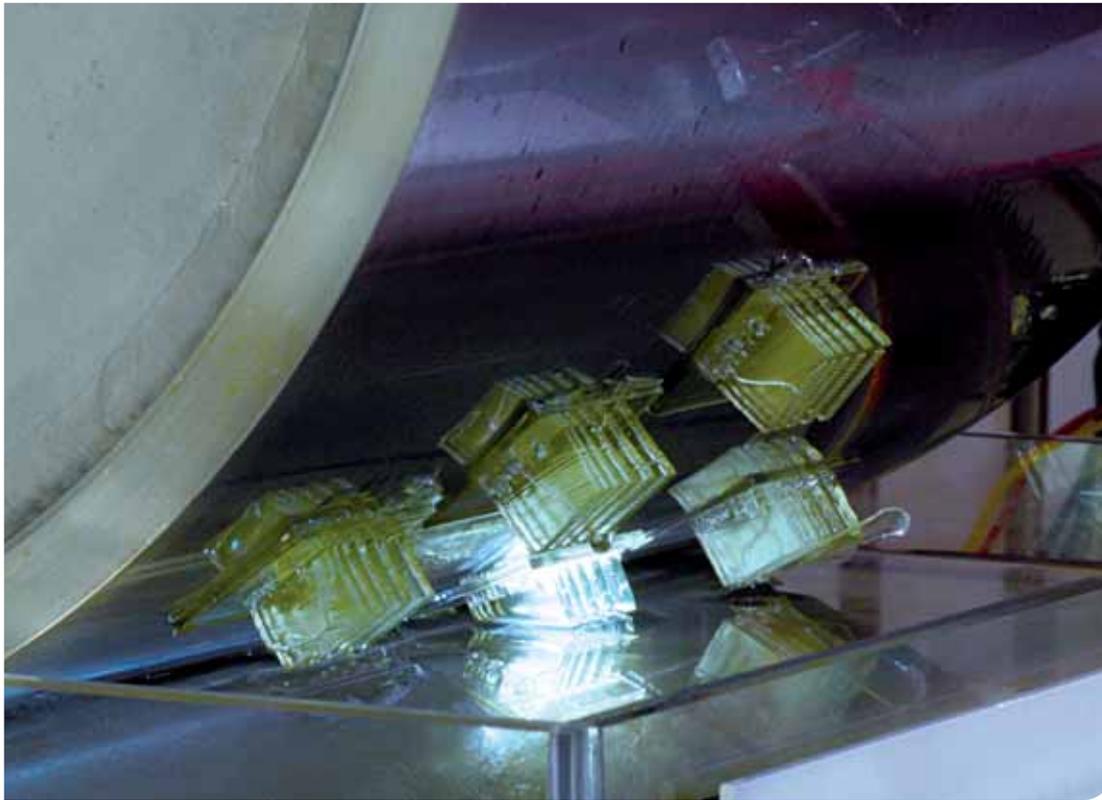
Gerade für eine Kleinserienfertigung in der Industrie scheint das von der Volkswagenstiftung geförderte Projekt interessant. Doch bevor das Verfahren marktreif ist, müssen es die Fraunhofer-Experten und -Expertinnen noch verfeinern. Um größere Bauteile drucken zu können, müsste die Walze nicht nur aus einer, sondern aus mehreren Richtungen beleuchtet werden. »Bislang nutzen wir nur eine Lichtquelle, damit lassen sich nur Bauteile mit einer Höhe von drei Zentimetern fertigen«, sagt Isaza. »Künftig wollen wir bis zu sechs Lichtquellen unter der Walze platzieren, um dadurch deutlich höhere Bauteile herstellen zu können.«

## 3D-Druck für alle Materialien

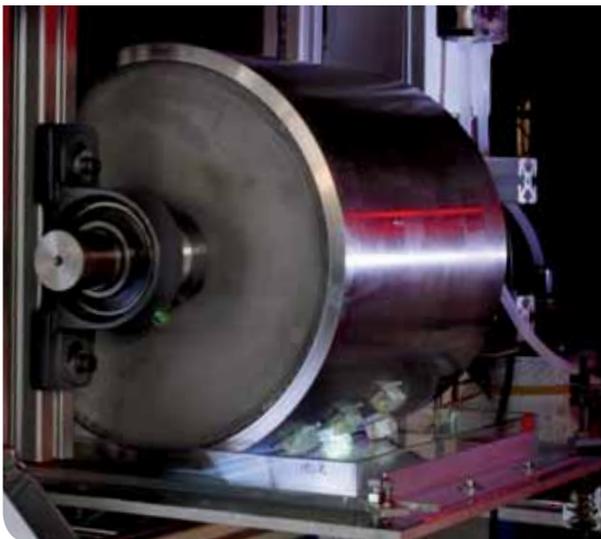
Ferner müssen die IFAM-Experten noch einen Mechanismus entwickeln, der die Bauteile ebenso simpel wie zuverlässig von der Walze trennt. Und schließlich planen die Fachleute, ihr Konzept auf andere Materialien zu übertragen – insbesondere auf flüssige Kunststoffe, die mit einem Pulver aus Keramik oder Metall angereichert sind. Nach Aushärtung der Schichten ließe sich der Kunststoff dann auf chemischem Wege entfernen. Am Ende bliebe ein Bauteil übrig, das komplett aus Metall oder Keramik besteht. Um diese Pläne zu verwirklichen, sucht die Fraunhofer-Forschung nun Partner aus der Industrie. Langfristig jedenfalls könnte ihr Projekt dazu beitragen, dass der 3D-Druck eines Tages genauso selbstverständlich ist wie heute der Papierdrucker im Büro. ■

 Podcast online ab 8. November:  
[www.fraunhofer.de/audio](http://www.fraunhofer.de/audio)

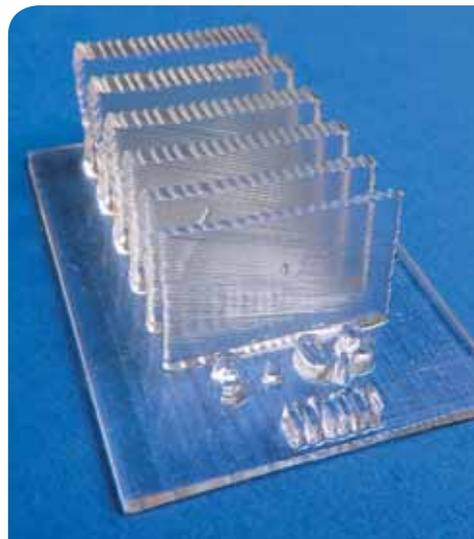
Bei der schrittweisen Drehung der Walze wird Schicht für Schicht ein dreidimensionales Bauteil auf dem eingetauchten Teil des Zylinders aufgebaut. Die fertigen Bauteile können auf der Oberseite der Walze automatisiert von der Oberseite getrennt werden. © Fraunhofer IFAM



Nahaufnahme der kontinuierlichen Fertigung nach dem Schichtbauprinzip für Kunststoffe. © Fraunhofer IFAM



Fertigungsanlage des automatisierten Betriebs für flüssige Kunststoffe (Bild links). © Fraunhofer IFAM



Bauteil aus dem 3D-Drucker (Bild rechts). © Fraunhofer IFAM

Produzieren mit dem Industry-Cockpit: Abläufe und Anlagen werden unternehmensweit in einem flexiblen Prozessnetz verknüpft – so können sie in ihrer Gesamtheit überwacht und jederzeit angepasst werden. © Fraunhofer



# Alles im Blick

Fraunhofer-Forscher haben ein innovatives Industry-Cockpit entwickelt, das nicht nur die Produktion überwacht, sondern gemeinsam mit vielseitig einsetzbaren Robotern auch die flexible Planung, Koordinierung und Herstellung ermöglicht. So lassen sich mit wenig Aufwand hochindividuelle Produkte in Serie fertigen, ohne dass die Kosten explodieren.

Text: Chris Löwer

## Projektpartner

Das »Industry-Cockpit« wird gemeinsam mit der Pickert & Partner GmbH aufgebaut. Das Unternehmen entwickelt und pflegt eine durchgängige, umfassende Standardsoftware für Produktionsmanagement (MES), Qualitätsmanagement (CAQ) und Traceability (Rückverfolgbarkeit). Die RQM-Software (Real-Time. Quality. Manufacturing.) integriert, unterstützt und sichert in Echtzeit fast alle produktionsnahen Abläufe und Prozesse über die gesamte Wertschöpfungskette.



Jeder, der ein neues Auto kauft, arbeitet sich durch seitenlange Sonderwunschliten. Am Ende verlässt kaum ein Neuwagen das Band, der mit einem anderen identisch ist. Bei komplexen Industrieanlagen ist der Individualisierungsgrad noch höher. In der Serienproduktion wiederholen sich Verfahrensschritte mitunter keine zwei Mal. »Der Trend geht zu auftragsindividuellen Prozessen«, sagt Nicole Oertwig, wissenschaftliche Mitarbeiterin am Fraunhofer-Institut für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik IPK in Berlin. »Die Anforderungen an die Menschen in der Fertigungsindustrie werden immer komplexer.« Und die Firmen müssen bei allem Zwang zu hochindividuellen Produkten die Kosten im Blick behalten. Die Fraunhofer-Forscherinnen und -Forscher arbeiten deshalb an einem innovativen Roboterkonzept sowie an einem Industrie-Cockpit, mit dem sich komplexe Abläufe in Administration und Fertigung besser beherrschen und individuell an Aufträge anpassen lassen.

»Wir entwickeln zum einen Robotersysteme, die verschiedene Arbeitsschritte abbilden können, und haben zum anderen ein Management Tool, das in der Lage ist, die Notwendigkeit und Reihenfolge dieser Schritte zu planen und zu steuern«, erläutert Sascha Reinkober, Abteilungsleiter im Bereich Produktionssysteme am IPK. »Das Industry-Cockpit ist eine übergeordnete Intelligenz, die die Fertigung überwacht

und steuert, also Industrierobotern sagt, was sie zu tun haben.« Es entscheidet je nach Kundenwunsch, welche Schritte nötig sind, plant diese und leitet den Prozessplan an den Roboter, der die Prozesse ausführt.

Beispielsweise im Anlagenbau. Dort können sich Kunden zwar im Verkaufskatalog für verschiedene Modelle einer Pumpenanlage entscheiden, doch die bilden nur die Basis. Diese können dann mit mehr Anschlüssen, veränderten Leitungen, speziellen Filtern und bestimmten Dichtungen an den individuellen Bedarf der Firma angepasst werden. Heutige Fertigungsmanagementsysteme und deren Cockpits unterstützen derart individuelle Geschäfts- und Fertigungsprozesse meist nicht. Die Lösung des IPK ist dazu in der Lage. Sie wurde gemeinsam mit dem Softwarehersteller Pickert & Partner entwickelt und vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert.

»Das Industry-Cockpit verbindet Produkte, Maschinen, Informationssysteme und Menschen miteinander«, erläutert Oertwig. »So lässt sich schnell überprüfen, ob und wie sich ein Kundenwunsch realisieren lässt – und die Produktion entsprechend steuern.« Im Alltag des Produktionsleiters heißt das: Er kann den Herstellungsprozess für ein spezielles Produkt am Cockpit lückenlos durchlaufen – samt individuellen Kundenwünschen.

## Flexibel produzieren mit dem Industry-Cockpit

In das System fließen zahlreiche Daten und Informationen ein, um die Produktion bis ins Detail zu erfassen und anpassen zu können, darunter: verfügbare Maschinen, deren Zustand, detaillierte Auftragsdaten, Prozessdaten, Energiedaten, Kennzahlen, Kundenreklamationen, Infos zu aktuell produzierten Artikeln, Live-Bilder von Kameras sowie RSS- und Twitter-Feeds. Der gesamte Produktionsprozess und der jeweilige Stand werden in dem Cockpit, das auf den unterschiedlichsten Geräten aufgerufen werden kann, übersichtlich und intuitiv bedienbar dargestellt.

Das Informations- und Entscheidungszentrum hilft Produktionsleitern, Werkern und Planern stets den Überblick zu behalten und gegebenenfalls Abläufe anzupassen – auch wenn der Kunde noch sehr spät Änderungswünsche hat. Damit wird die Produktion in nie gekannter Weise

variabel. »Herkömmliche Cockpits übernehmen lediglich die Funktion der Überwachung. Wir bieten somit das nächste Level in der modernen, flexiblen und individuellen Produktion und besitzen bereits jetzt ein weiteres Instrument, das die Anforderungen von Industrie 4.0 vollständig erfüllt«, sagt Reinkober.

Die Anwendung erleichtert den Arbeitsalltag eines Produktionsleiters enorm: Er hat mit einem Klick den Herstellungsprozess für ein spezielles Produkt im Blick und kann mit ein paar weiteren Klicks Änderungen über das Cockpit veranlassen. »Programmiererfahrung braucht er dazu nicht«, erklärt Oertwig. Auch allen anderen Mitarbeitern liefert das Cockpit die für sie wichtigen Informationen. So sieht beispielsweise der Werker die Prozessdaten und kann diese kontrollieren. Damit werden jeder Mitarbeiter und jede Mitarbeiterin zu Controllern für den eigenen Verantwortungsbereich. Das ist das Besondere an der Lösung.

## Vielseitig einsetzbare Roboter machen das System flexibel

»Hochautomatisiert und intelligent wird das System aber erst durch vielseitig einsetzbare Roboter, die die Befehle des Cockpits ausführen können«, erläutert Reinkober. Daran arbeitet der Wissenschaftler mit seinem Team. Denn wenn die Produktion flexibler werden soll, muss das auch für die Maschinen gelten. Um mit konventionellen Werkzeugmaschinen auftragsindividuell zu produzieren, müssen üblicherweise mehrere Standardmaschinen vorgehalten oder eine Sondermaschine angefertigt werden, was die Anschaffungskosten eines Industrieroboters bei weitem übersteigt. »Das ist weder für KMU noch für Großunternehmen wirtschaftlich«, bemerkt der Fraunhofer-Forscher. »Deshalb entwickeln wir Bearbeitungsroboter, die auch fräsen, schleifen, polieren und bohren können. Im Gegensatz zu großen Werkzeugmaschinen, die teuer und unflexibel sind, können unsere Roboter auf individuelle Kundenwünsche reagieren«, sagt Reinkober. Roboter haben zudem ein viel besseres Anschaffungspreis-Arbeitsraum-Verhältnis als Werkzeugmaschinen, wodurch das Konzept des IPK insbesondere für solche Unternehmen interessant wird, die sowohl kleine Bauteile als auch großvolumige Teile fertigen. Mit der Fraunhofer-Lösung können sowohl Großserien als auch Einzelteile bearbeitet werden, womit sie für kleine Unternehmen ebenso attraktiv ist, wie für Konzerne. ■

# Digitale Assistenten

In modernen Produktionsumgebungen müssen Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter mit vernetzten Geräten und großen Datenmengen umgehen. Digitale Assistenten helfen an der Schnittstelle von Mensch und Maschine mit den richtigen Informationen zur richtigen Zeit, am richtigen Ort weiter. Ein wichtiger Baustein für Industrie 4.0.

Text: Andreas Beuthner

Die industrielle Fertigung steht vor großen Herausforderungen: Neue, individualisierte Produkte kommen in immer kürzeren Abständen auf den Markt. Um auf diese Entwicklung besser reagieren zu können, werden anstelle von hierarchisch organisierten Abläufen selbstorganisierte, wandelbare, dynamische Prozesse gebraucht. Doch auch in einer smarten Fabrik hat der Mensch eine wichtige Schlüsselposition inne. Er greift ein, wenn unerwartete Störungen den Produktionsplan gefährden, oder wägt ab, was im Konfliktfall zu tun ist. Dafür benötigen die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter Fachwissen über die Zusammenhänge in der Produktion 4.0 sowie aktuelle Fakten über die laufende Fertigung. Wichtige Daten können die vernetzten Maschinen, Sensoren und Steuersysteme liefern. Aber wie lassen sich die unterschiedlichen Informationen verarbeiten und verfügbar machen? Wie kommuniziert man mit einer Maschine?

»Eine zentrale Herausforderung im Umgang mit vernetzten Produktionsanlagen und Logistiksystemen ist es, die vorhandenen Daten entsprechend aufzubereiten«, sagt Benedikt Mättig, Informatiker und Experte für Autold Technologien am Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik IML in Dortmund. An Lösungen arbeiten Experten im Projekt »Smart Assistance for Humans in Production Systems – SmARPro«. Sie entwickeln eine kommunikationstechnische Plattform, die Produktions- und Betriebsdaten standardisiert erfasst, mit den übergeordneten IT-Systemen verbindet und für die Übertragung an mobile Geräte – den Smart Devices und Wearables – aufbereitet. Insgesamt arbeiten sieben Partner aus Forschung und Industrie in dem Projekt zusammen – neben dem IML auch das Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschi-

nen und Umformtechnik IWU in Chemnitz (siehe Kasten).

## Mitarbeiter unterstützen

»Eine wichtige Aufgabe ist es, Mitarbeiter besser in die Produktion einzubinden und den Beteiligten schnelle, zielgerichtete Entscheidungen in immer komplexeren Szenarien zu ermöglichen«, erläutert Dr. Tino Langer, Gruppenleiter Informationsmanagement am IWU. Ziel des Projekts ist es, Informationen genau dort zur Verfügung zu stellen, wo der Mensch sie zum jeweiligen Zeitpunkt für seine Tätigkeit benötigt.

Dazu bauen die Projektpartner ein Gesamtsystem mit drei Hauptkomponenten auf: In »Smarpro Devices« arbeiten die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler an der standardisierten Datengewinnung aus der Produktion. Die gesammelten Daten sollen in der »Smarpro Plattform« zusammenfließen und dann miteinander verknüpft und für den Anwender zu nützlichen Informationen verdichtet werden. Über mobile Endgeräte, den »Smarpro Wearables« – wie Datenbrillen oder Tablet-PCs – sollen die Beschäftigten dann genau die Informationen angezeigt bekommen, die für sie gerade relevant sind – ob es sich um einen Mitarbeiter in der Qualitätssicherung, einen Werker in der Fertigung oder einen Kommissionierer in der Logistik handelt.

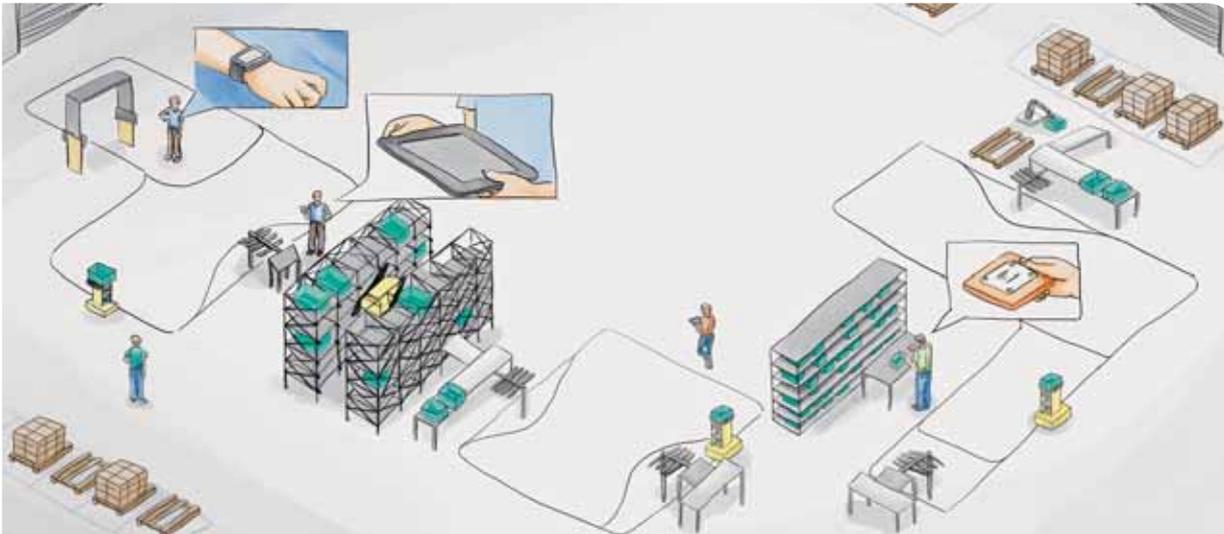
## Zielgerichtet informieren

Doch wie kann das in der Praxis funktionieren? Welche Daten welcher Mitarbeiter benötigt, lässt sich etwa über seine Funktion und seinen aktuellen Standort in der Fabrik ermitteln. Experten des

IML arbeiten bereits an einem Assistenzsystem für die Logistik, über das sich Lagervorgänge visualisieren und steuern lassen. Dazu werden in einer Datenbrille mit Hilfe von Augmented Reality virtuelle Informationen eingeblendet – etwa zu der Maschine, vor der der Mitarbeiter gerade steht. Die Wissenschaftler entwickeln noch ein anderes Werkzeug, um wichtige Informationen zielgerichtet zur Verfügung zu stellen – den Coaster®. Der etwa bierdeckelgroße Tablet-PC ermöglicht es Logistikmitarbeitern, mit Maschinen und Kommissioniergeräten zu kommunizieren und aktuelle Betriebsdaten oder Statusinformationen aufzurufen.

Welche Lösungen für den Alltag in der Produktion 4.0 am besten geeignet sind, wollen die Wissenschaftler in dem Projekt untersuchen. »Eine Herausforderung sehen wir darin, den Mitarbeiter in immer komplexeren Produktionsumgebungen zu unterstützen, ohne diesen durch neue Geräte, zusätzliche Aufgaben und komplexe Informationen zu überfordern«, betont Langer. Deshalb sei es auch wichtig, unterschiedliche Aspekte wie den Ausbildungsstand, das Alter, den Umgang mit neuen Medien und mobilen Geräten zu berücksichtigen.

Das Projekt SmARPro legt wichtige Grundlagen für das künftige Arbeiten in smarten, flexiblen Fabriken. »Die wissenschaftlichen Potenziale liegen darin, allgemeingültige Verfahren und Technologien zu erforschen, die helfen Produktionstechnik und IT besser zu koppeln sowie die hierzu notwendige Infrastruktur im Produktionsumfeld aufzubauen und den Menschen flexibel als intelligenten Gestalter und Regulierer einzubinden, zu führen und zu fördern«, fasst IWU-Experte Langer zusammen. ■



Im Vordergrund steht die Optimierung von Prozessen durch die Kommunikation von einzelnen Komponenten. Dabei erstreckt sich der Einsatz von reinen Kommissionier- und Fertigungsprozessen bis hin zur Qualitätssicherung und Planungsebene.

Qualitätssicherung: Fehlerhafte Chargen werden dem Mitarbeiter gemeldet.

## SmARPro

In dem vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderten Projekt »Smart Assistance for Humans in Production Systems«, kurz »SmARPro«, soll bis 2017 eine Plattform entstehen, um produktionsrelevante Informationen im Fertigungs- und Logistikumfeld zu erfassen, aufzuarbeiten und bereitzustellen. Daran arbeiten die sieben Partner aus Industrie und Forschung:

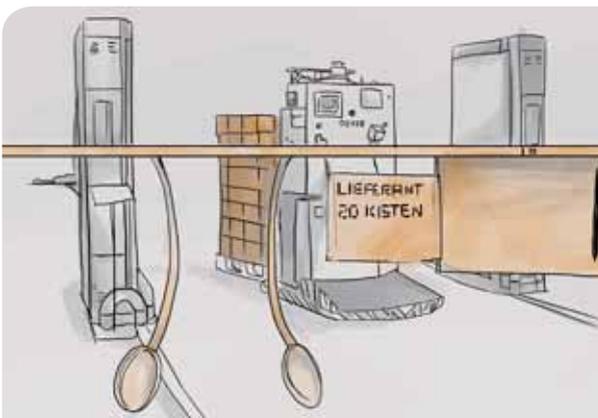
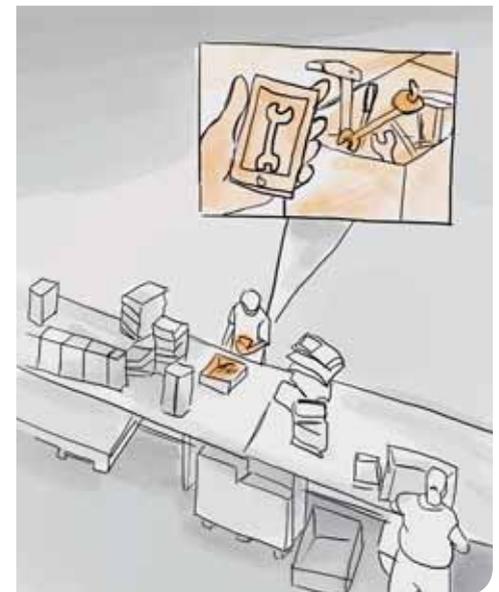
- Robert Bosch GmbH
- Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU
- Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik IML
- INTEC International GmbH
- FORCAM GmbH
- Hiersemann Prozessautomation GmbH
- NILES-SIMMONS Industrieanlagen GmbH

GEFÖRDERT VOM



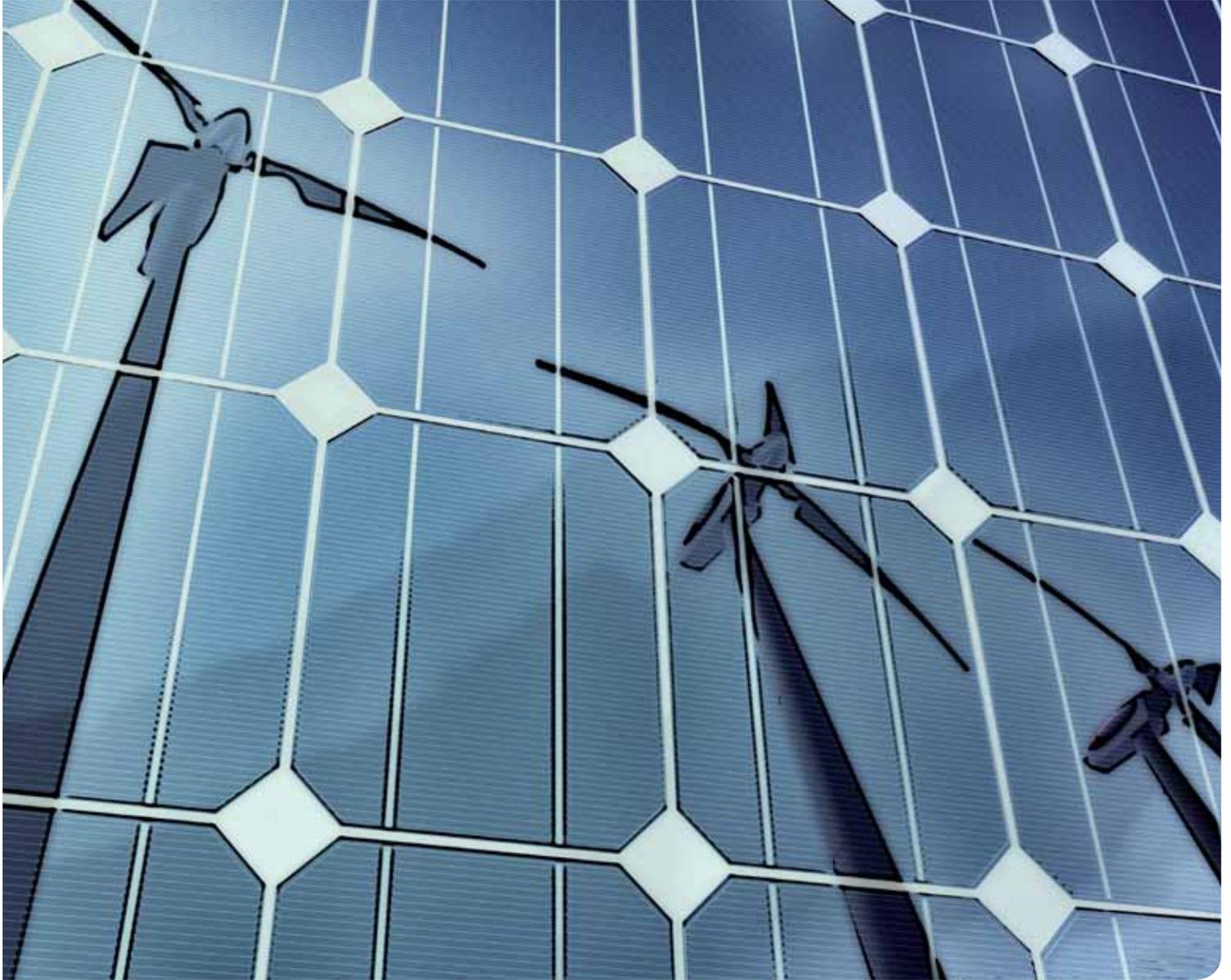
Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

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



Logistik: Informationen über die Bestände sind jederzeit erhältlich.

Der Techniker kann bei der Montage Hinweise und Hilfestellung aus der virtuellen Welt erhalten.  
© Fraunhofer IML



# Die Wärmewende

Wenn Deutschland seine ambitionierten Klimaziele bis 2050 erreichen will, muss Wärme deutlich umweltfreundlicher erzeugt und genutzt werden. Zu diesem Ergebnis gelangen Fraunhofer-Forscherinnen und -Forscher in einer Studie.

Text: Brigitte Röthlein

Der Wärmesektor verbraucht über 50 Prozent der Gesamtenergie in Deutschland und trotzdem liegt dort die Nutzung erneuerbarer Energien weit unter den Wachstumszahlen der erneuerbaren Energien im Stromsektor.  
© shutterstock

Windräder und große Photovoltaikanlagen prägen schon heute in manchen Gegenden Deutschlands die Landschaft. Sie sind sichtbares Zeichen für die Energiewende. Doch damit die Energiewende wirklich zu einem Erfolg wird, muss man auch im Wärmesektor mehr erneuerbare Energiequellen so effizient wie möglich nutzen. Zu diesem Ergebnis kommen Forscherinnen und Forscher der Fraunhofer-Institute für Windenergie und Energiesystemtechnik IWES sowie für Bauphysik IBP in Kassel, der Stiftung Umweltenergierecht in Würzburg und des Instituts für Energie- und Umweltforschung Ifeu in Heidelberg in einer detaillierten Studie, die vom Bundeswirtschaftsministerium finanziert wurde. In ihr modellierten die Experten ein Energiesystem für Deutschland und Europa, das die CO<sub>2</sub>-Ziele der Bundesregierung und EU erfüllt – sprich bis zum Jahr 2050 werden 80 Prozent der Emissionen eingespart. Und das bei möglichst geringen Kosten.

Das kann aber nur gelingen, wenn unter anderem mehr »grüne« Energie zum Heizen genutzt wird. »Der Wärmesektor stellt über 50 Prozent des Endenergieverbrauchs in Deutschland dar und dennoch werden dort heute weit weniger erneuerbare Energien genutzt als im Stromsektor«, sagt Norman Gerhardt, Projektleiter der Studie. »Das muss sich ändern, wenn wir die geplanten CO<sub>2</sub>-Ziele einhalten wollen. Eine ‚Wärmewende‘ ist zwingend notwendig.« Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler haben zu diesem Zweck eine »Wärme-Roadmap« entwickelt, die Handlungsempfehlungen beinhaltet. Zentrale Punkte sind: Gebäude energetisch sanieren, Strom aus Sonne und Wind zum Heizen verwenden und Wärmeüberschüsse nutzen, wie beispielsweise Abwärme aus Industrieprozessen. Der Einsatz von Biomasse – in der Regel Holz – sollte hingegen auf ländliche Regionen und nur schwer energetisch zu sanierende Häuser beschränkt bleiben.

### Wärme aus »grünem« Strom

Die Stromerzeugung durch Sonne und Wind hat bekanntlich den Nachteil, dass zu bestimmten Zeiten Stromspitzen entstehen, die den aktuellen Verbrauch weit übersteigen. Die Folge: Der Strom wird dann zu geringen, manchmal sogar negativen Preisen auch ins Ausland verkauft oder die Anlagen werden abgestellt. Dabei lassen sich die Überschüsse sinnvoll nutzen – etwa um Wärme aus Strom zu erzeugen und diese Wärme entsprechend zu speichern. Fachleute nennen

das »Power-to-Heat«. Die Schlüsseltechnologie hierfür sind elektrische Wärmepumpen. Sie heben Umgebungswärme auf ein zum Heizen geeignetes Niveau. Mit Hilfe von Strom kann die Anlage – je nach Größe – Heizwärme dezentral für einzelne Gebäude ebenso wie zentral für Fernwärmenetze oder Industrie sehr effizient bereitstellen. »Der Einsatz von Wärmepumpen muss kontinuierlich gesteigert werden«, betont Norman Gerhardt. Eine andere Möglichkeit, Wärme aus Strom zu erzeugen, sind elektrische Zusatzheizungen zu üblichen Gas- oder Ölkesseln (Hybridheizung) oder Elektrodenkessel. Allerdings haben sie meist einen schlechten Wirkungsgrad.

Um Strom aus erneuerbaren Energiequellen möglichst flexibel zu nutzen, ist es sinnvoll, mehrere Geräte zu kombinieren – etwa Wärmepumpen und -speicher. Ist Überschussstrom vorhanden, wird der Wärmespeicher gespeist. So kann dieser auch dann sinnvoll zum Gesamtsystem beitragen, wenn die Wärme in diesem Augenblick gerade nicht benötigt wird. Aber auch Gebäude lassen sich zum Speichern von Wärme nutzen.

»Von großer Bedeutung ist in einem künftigen Energiesystem die Kraft-Wärme-Kopplung (KWK)«, nennt Gerhardt ein weiteres Ergebnis der Studie. Bei ihr wird die Wärme, die automatisch bei konventionellen Prozessen der Stromerzeugung anfällt, ebenfalls zum Heizen genutzt und nicht wie in früheren Großkraftwerken als lästiger Abfall (»Abwärme«) behandelt und über Kühltürme in die Umwelt gepustet. KWK-Anlagen können Kraftwerke sein, aber auch Stromgeneratoren, die Siedlungen oder Industrie versorgen. »In Kombination mit Wärmepumpen oder Elektrodenkesseln können diese Systeme flexibel auf die Erfordernisse des Strommarkts reagieren und die Effizienz des Gesamtsystems steigern«, sagt Gerhardt. »Dabei spielen große Anlagen für die Prozesswärme in der Industrie und für Fernwärme die bedeutendste Rolle.«

### Fernwärme soll kühler werden

Zwar wurden Fernwärmenetze in jüngster Zeit schon weiter ausgebaut, aber der Anteil der Fern- und Nahwärme im Bereich Haushalte und Gewerbe beträgt immer noch nur zwölf Prozent. Nach Ansicht der Forscher sollte er langfristig auf rund 25 Prozent steigen. Dabei werden künftig Städte mit ihrer hohen Bebauungsdichte Hauptabnehmer sein. »Die Struktur der Fern-

wärme muss sich dabei aber grundlegend ändern«, sagt Dr. Dietrich Schmidt, Abteilungsleiter für Energiesysteme am IBP. »Heute haben wir es in der Regel mit Hochtemperaturnetzen auf der Basis von Gas und Kohle zu tun. In Zukunft sollten effiziente Fernwärmenetze vorrangig mit einer Kombination aus Groß-Wärmepumpen und Solarthermieanlagen, Gas-KWK-Anlagen oder auch durch Wärmepumpen allein oder zusätzlich durch Elektrodenkessel versorgt werden.« Damit dies geschehen kann, ist eine Reduzierung der Fernwärmepumpen zwingend notwendig, denn nur so lässt sich diese umweltfreundliche und hoch effiziente Wärmebereitstellung integrieren. Auch die Nutzung von Abwärme aus Rechenzentren, Abwasser oder Gewerbe mit Hilfe von Wärmepumpen wird dann möglich.

### Gebäude sanieren

Damit aber der Verbraucher auch in die »Wärmewende« investiert, braucht es finanzielle Anreize. Davon sind die Forscher überzeugt. So ist beispielsweise der Einsatz einer elektrischen Wärmepumpe in einem Einfamilienhaus nur dann – energetisch und wirtschaftlich – sinnvoll, wenn es über einen guten Wärmeschutz verfügt. »Die energetische Sanierung von Gebäuden reduziert nicht nur den Wärmebedarf, sondern erhöht auch die Effizienz der Wärmepumpen und es müssen weniger Wind- und Solarstromanlagen zugebaut werden, um die Wärme erneuerbar bereitzustellen«, sagt IBP-Forscher Patrick Schumacher. »Eine finanzielle Unterstützung dieser Sanierungsmaßnahmen könnte beispielsweise durch ein Anreizsystem basierend auf einer CO<sub>2</sub>-bezogenen Abgabe für fossile Brennstoffe erfolgen.«

Das größte Hemmnis bei der Wärmewende sind jedoch die günstigen Gaspreise, so die Forscher. Sie schlagen deshalb vor, die Abgaben auf den Strombezug zu senken und im Gegenzug Abgaben auf beispielsweise Heizöl oder Gas zu erhöhen und so die Preise anzugleichen. Dies würde unter anderem dazu führen, dass elektrische Wärmepumpen eine bessere Wettbewerbsposition bekommen. Zusätzlich befürworten die Experten eine Dynamisierung der EEG-Umlage: Das heißt, wenn Strom knapp und teuer ist, erhält der Erzeuger mehr, wenn er gerade im Überschuss vorhanden ist, weniger. »Das würde einen marktwirtschaftlichen Anreiz geben, der sich auch auf den Wärmemarkt auswirkt«, erwartet Norman Gerhardt. ■

# Das Selbstversorger-Hausboot

Ein Leben abseits von Autolärm und Abgasen – immer mehr Menschen zieht es ans Wasser. Energieautarke schwimmende Häuser auf der Lausitzer Seenplatte erfüllen nicht nur dieses Lebensgefühl, sondern kurbeln auch die regionale Wirtschaft an. In dem Projekt autartec® arbeiten Mittelständler, Industrie, Universitäten sowie zwei Fraunhofer-Institute Hand in Hand.

Text: Katja Lüers

Paddeln, Segeln, Kreuzfahrten – es gibt viele Möglichkeiten, den Urlaub auf dem Wasser zu verbringen. Immer beliebter in Deutschland werden schwimmende Häuser – und das nicht nur als Feriendomizil, sondern auch als fester Wohnsitz. Das Lausitzer Seenland bietet sich hierfür besonders an: Es ist mit 23 Seen und einer Fläche von 13 000 Hektar das größte künstliche Seengebiet Europas. Die Region zwischen Ostsachsen und Südbrandenburg war über Jahrzehnte durch den Braunkohletagebau geprägt. Das Lebensgefühl auf dem Wasser soll der Landschaft in den kommenden Jahren zu mehr Anziehungskraft und wirtschaftlichem Erfolg verhelfen.

Dieses Ziel verfolgt auch das in der Lausitz angesiedelte Projekt autartec®, an dem die beiden Dresdner Fraunhofer-Institute für Verkehrs- und Infrastruktursysteme IVI und Keramische Technologien und Systeme IKTS beteiligt sind sowie weitere Partner aus der Region, darunter Mittelständler, Industrie sowie die Technische Universität Dresden TUD und die Brandenburgische Technische Universität BTU (siehe Kasten). Sie alle arbeiten Hand in Hand, um bis 2017 auf dem Geierswalder See nordwestlich von Hoyerswerda ein schwimmendes Haus zu bauen, das nicht nur elegant aussieht, sondern sich selbst mit Wasser, Strom und Wärme versorgt. »Solche energieautarken schwimmenden Häuser gibt es noch nicht«, betont autartec®-Projektkoordinator Professor Matthias Klingner vom IVI. Viele Seen in der Lausitz seien von Infrastrukturen wie Wasser- und Energieversorgung abgeschnitten. »Für dieses Umfeld wollen wir eine Lösung finden«, sagt Klingner.

## Energieautark wohnen auf dem Wasser

Das Haus auf dem 13 mal 13 Meter großen Stahlponton erstreckt sich über zwei Ebenen: Das Erdgeschoss umfasst 75 Quadratmeter

Wohnfläche, das Obergeschoss weitere 34 Quadratmeter. Auf der 15 Quadratmeter großen Terrasse überblickt man den gesamten See. Das Besondere an autartec®: Design und Funktion schließen einander nicht aus. Das Haus verbindet moderne Architektur und Bautechnik mit hoch effizienter Anlagen- und Gebäudeausstattung. Konkret heißt das: Solarzellen werden beispielsweise in die Gebäudehülle integriert, die vom IVI entwickelten Lithium-Polymer-Akkumulatoren speichern die gewonnene Energie. Um Platz zu sparen, werden die Akkus in die Textilbetonwände oder Treppenelemente eingebaut.

Forscherinnen und Forscher des IVI arbeiten auch an der effizienten Bereitstellung von Wärme und Kälte. Für wohlige Wärme an eisigen Wintertagen sorgt ein Salzhydrat-Kamin: Oberhalb des Feuers befindet sich eine wassergefüllte Wanne mit Salzhydraten. »Brennt das Feuer, werden die Salzhydrate flüssig und nehmen Wärme auf«, beschreibt Dr. Burkhard Faßauer vom IKTS. Sind die Salzhydrate vollständig verflüssigt, lässt sich die Wärmeenergie zeitlich nahezu unbegrenzt speichern. Um sie bei Bedarf wieder freizusetzen, werden funkbasierte Kristallisationsauslöser verwendet. Das Prinzip kennt man von Taschenwärmern: Um die Kristallisation auszulösen, wird ein Metallblättchen geknickt, so dass der Taschenwärmer fest wird und Wärme abgibt. Erhitzt man ihn im Wasser, wird er wieder flüssig und speichert Wärme bis zum nächsten »Knick«. Allerdings reicht ein Kamin nicht aus, um das Haus den Winter über zu heizen. Ein Zeolithspeicher im Ponton hilft weiter: Die Zeolithminerale werden im Sommer getrocknet – ein rein physikalischer Prozess, bei dem Wärme gespeichert wird. »Und im Winter reicht feuchte Luft aus, damit der Speicher Wärme abgibt«, erklärt Faßauer. Für angenehme Temperaturen im Sommer sorgt die adiabate Kühlung. Anders als bei herkömmlichen Klimaanlageanlagen benötigt das System keine elektrische Energie, sondern nutzt die Ver-

dunstungskälte von Luft und Wasser. Der Trick: Eine Seitenfläche des Hauses wird begrünt und befeuchtet, die entstehende Verdunstungskälte kühlt die Gebäudehülle.

Um die Wasserversorgung im Hausboot kümmern sich Experten des IKTS. »Wir entwickeln und erproben zurzeit ein geschlossenes Kreislaufsystem für Trink- und Brauchwasser«, erklärt Faßauer. Dafür setzen die Wissenschaftler auf eine Kombination aus keramischen Membranen und verschiedenen elektrochemischen und photokatalytischen Prozessen. Während an Land das Abwasser immer auch biologisch behandelt wird, ist dieser Prozess auf einem schwimmenden Haus nicht möglich. »Wir sind auf physikalische und chemische Methoden angewiesen. Da bietet die Keramik sehr effiziente Möglichkeiten, um Prozesse wie Photokatalyse, Elektrochemie und Filtration auf engstem Raum zusammenzubringen«, sagt Faßauer. Andere Materialien wie Stahl und Kunststoff würden bei derart aggressiven Vorgängen versagen. Die Technik für das Kreislaufsystem soll im Ponton untergebracht werden.

Dezentrale Versorgungslösungen, wie sie in autartec® entwickelt und umgesetzt werden, sind auch vor dem Hintergrund schnell wachsender Megastädte von enormer Bedeutung: »Die Versorgungssysteme in den Ballungszentren geraten immer mehr an ihre Grenzen. Die Infrastruktur wächst oft nicht schnell genug mit«, erläutert Faßauer. Da seien dezentrale Systeme gefragt, die sich leicht einbauen lassen und mit denen sich Energie und Wasser gewinnen und speichern lassen. Diese Haushalte wären somit von überlasteten zentralen Versorgungssystemen unabhängig. »Der Trend geht zum autarken Haus. In dem Projekt autartec® legen wir hierfür wichtige Grundlagen«, betont der Forscher. ■



Podcast online ab 19. Oktober:  
[www.fraunhofer.de/audio](http://www.fraunhofer.de/audio)

## Autarke Hausboote

Hightech auf dem Wasser: Im Lausitzer Seenland entstehen moderne Hausboote, die ihre Energie und das benötigte Wasser selbst erzeugen. Innerhalb des vom Bundesministeriums für Bildung und Forschung BMBF geförderten innovativen Wachstumskerns autartec® werden Technologien und deren Gestaltung für autarke Gebäude von Industrieunternehmen und Forschungseinrichtungen aus Südbrandenburg und Ostsachsen entworfen, entwickelt und realisiert.

Die Partner sind:

- Architekten Ingenieure Bautzen GmbH
- AWAS GmbH
- Bendl - Hoch- und Tiefbau GmbH & Co. KG
- Rupp Betonerzeugnisse GmbH
- Beratungsgesellschaft für Wirtschaftliches Bauen (BWB)
- Fraunhofer-Institut für Verkehrs- und Infrastruktursysteme IVI
- Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme IKTS
- Gemeinnützige Forschungsgesellschaft für dezentrale Energiesysteme e.V.
- Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg
- ifn Anwenderzentrum GmbH
- INNIUS DÖ GmbH
- Technische Universität Dresden
- TUDAG - Deutsches Zentrum Textilbeton (DZT)
- Wilde Metallbau GmbH
- Heliatek GmbH

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



Frei Haus im See: Strom, Wärme, Wasser. © Fraunhofer IVI

In dem neuen Prüfstand können komplette Gondeln von Windenergieanlagen der Multi-Megawattklasse getestet werden.  
© Martina Buchholz/  
Fraunhofer IWES

# Windkraft-Gondeln im Härtetest

In Bremerhaven ging ein neuartiger Teststand in Betrieb, der die Maschinenhäuser von Windenergieanlagen auf Herz und Nieren prüft.

Text: Frank Grotelüschen

Ein Industriegebiet in Bremerhaven. In der Nähe von Fischfabriken und Windrad-Produktionshallen steht Professor Jan Wenske vor einer 30 Meter hohen Halle und legt den Kopf in den Nacken. Über ihm thront ein wuchtiges, knallgelb lackiertes Metallgebilde. »Man könnte meinen, es sei ein einfaches Gestell«, sagt der stellvertretende Leiter des Fraunhofer-Instituts für Windenergie und Energiesystemtechnik IWES in Bremerhaven. »Dabei handelt es sich um einen Kran, der 420 Tonnen schwere Teile heben und millimetergenau versetzen kann.«

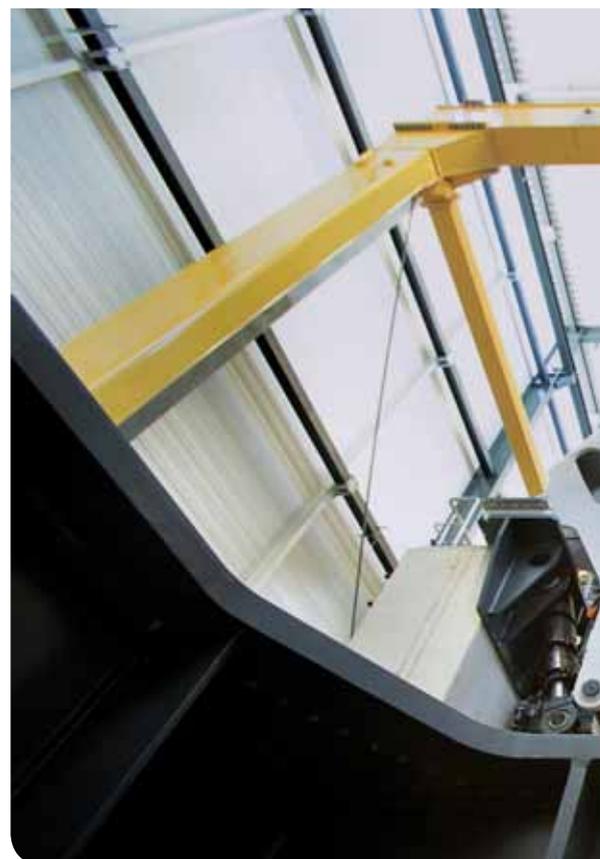
Das Hubgerüst ist Teil eines neuen Teststands: Das »DyNaLab« (Dynamic Nacelle Testing Laboratory) prüft die Maschinenhäuser von Windrädern auf Stabilität, Haltbarkeit und Sicherheit – und zwar in Originalgröße. Das auch als Gondel bezeichnete Maschinenhaus ist das Kernstück der Windenergieanlage. In ihm stecken der Generator sowie jede Menge Elektronik. Die Ausmaße sind respektabel: Die Gondeln von Offshore-Anlagen sind so groß wie ein Einfamilienhaus und wiegen bis zu 400 Tonnen.

»In der Gondel passieren die meisten Ausfälle«, erläutert Wenske. »Lager, Elektronik und

Getriebe können kaputtgehen und auch die Wasserkühlung macht manchmal Probleme.« Gerade bei Windparks auf hoher See sind solche Aussetzer oft teuer, denn um Komponenten zu reparieren oder auszutauschen, müssen die Techniker Dutzende von Kilometern per Schiff oder Helikopter zurücklegen. Um die Kosten im Zaum zu halten, versuchen die Hersteller ihre Anlagen möglichst robust und wartungsarm zu konstruieren. Dabei helfen ihnen ausgiebige Versuchsreihen an Prüfständen wie DyNaLab in Bremerhaven. »Alles, was der Rotor an Wirkung auf die Anlage entfaltet, versuchen wir hier zu simulieren«, erklärt Wenske.

Wollte man die Gondel mitsamt Rotor prüfen, bräuchte man eine mehr als 100 Meter hohe Riesenhalle – ein wenig sinnvoller, weil viel zu aufwändiger Ansatz. Deshalb verzichten die IWES-Fachleute auf Rotorblätter und Nabe – und simulieren stattdessen die auf das Maschinenhaus einwirkenden Kräfte mit einem ausgefeilten Ensemble von Elektromotoren und Hydraulikstempeln.

Das Prinzip: In der Halle setzt der Kran die Gondel auf einen massiven Metallsockel. Dort



wird sie an den Prüfstand angeflanscht – zwei haushohe Elektromotoren, montiert auf einem stabilen Gestell aus meterdickem Stahlbeton. Die Motoren bringen eine zwei Meter dicke Welle in Rotation. Diese Welle ist mit jener Stelle der Gondel verbunden, an der sonst die Nabe samt den Rotorblättern sitzt. Beginnt die Welle zu rotieren, treibt sie den Generator im Maschinenhaus auf ähnliche Art an wie ein vom Wind bewegter Rotor.

## Sensoren überwachen die Gondel, messen Strom und Spannung

Damit der Test möglichst realitätsgetreu ist, haben die Experten zwischen Betongestell und Gondel eine Art beweglichen Schild gesetzt. Angetrieben von sechs wuchtigen Hydraulikzylindern verpasst er der Gondel merkliche Stöße und bildet dadurch Windböen und sonstige Störeinflüsse nach. »Ist der Teststand in Betrieb, rotieren hier 400 Tonnen, die wir in kürzester Zeit beschleunigen und abbremsen müssen«, erläutert Jan Wenske. Beim Druck auf den Notausschalter bliebe die Anlage so abrupt stehen, dass das gesamte Gebäude von einem erdbebenähnlichen Stoß durchfahren würde.



### DyNaLab in Zahlen

Etwa 30 Millionen Euro investierten das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), die EU durch Förderung im Rahmen des EFRE-Programms sowie das Land Bremen und die Fraunhofer-Gesellschaft in den Aufbau des neuen Gondelprüfstands.

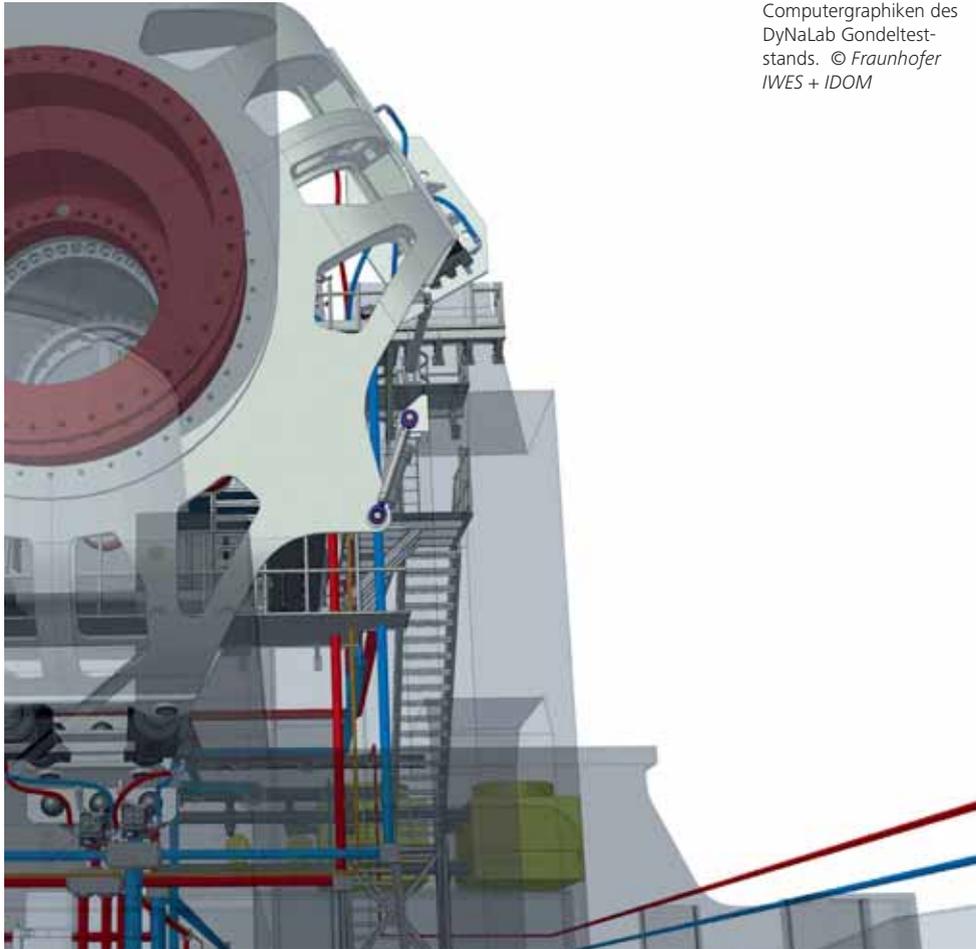
Das Dynamic Nacelle Testing Laboratory, kurz DyNaLab verfügt über eine Antriebsleistung von zehn Megawatt. Das nominelle Drehmoment des DyNaLab-Hauptantriebs beträgt 8,6 MegaNewtonmeter (MNm). Darüber lassen sich die Lasten nachstellen, die über den Rotor auf die Windenergieanlage wirken. Zudem verfügt der Teststand über ein virtuelles, von der öffentlichen Stromversorgung unabhängiges Netz mit 40 Megavoltampere installierter Umrichterleistung. Damit lassen sich elektrische Spannungseinbrüche mit hoher Wiederholfrequenz nachbilden.



Der Gondelprüfstand hat eine Antriebsleistung von zehn Megawatt. © Frank Grotelüschen



In der 30 Meter hohen Halle des DyNaLab werden Gondeln in Originalgröße geprüft. © Fraunhofer IWES



Computergraphiken des DyNaLab Gondelteststands. © Fraunhofer IWES + IDOM

Doch der Fraunhofer-Teststand prüft nicht nur die mechanischen Belastungen, sondern auch den Einfluss des Stromnetzes auf die Windrad-Gondel. »Wir können hier Kurzschlüsse, Frequenz- und Spannungsschwankungen simulieren«, beschreibt Wenske. Er geht in den Elektronikraum und zeigt auf lange Reihen von Schaltschränken. Gut die Hälfte davon simuliert das Netz und erzeugt Spannungssignale bis zu 50 000 Volt, die über ein dickes Kabel in die Haupthalle zur Gondel geleitet werden. Damit lässt sich unter anderem herausfinden, wie die Elektronik im Maschinenhaus einen Kurzschluss im Stromnetz verkraftet.

### Viele verschiedene Komponenten können getestet werden

Während der Tests überwachen Hunderte von Sensoren die Gondel, messen Größen wie Dehnung, Temperatur, Beschleunigung, Strom und Spannung. Diese Versuchsreihen geben den Herstellern wichtige Hinweise, wie sie ihre Komponenten sicher und zugleich möglichst wirtschaftlich bauen können. Verschleißt eine Komponente zu rasch, müssten die Konstrukteure sie stabiler machen. Wird ein Bauteil im Test nicht so stark beansprucht wie erwartet, genügt womöglich eine schwächere Auslegung – Materialkosten würden eingespart.

Die Tests helfen, die Zahl von Ausfällen zu minimieren – zumal moderne Windräder in der Regel im Computer entworfen werden, quasi am digitalen Reißbrett. Mit den Versuchen in Bremerhaven lassen sich entsprechende Rechnermodelle validieren. Nur: Wie stellen die Fachleute sicher, dass ihre Arbeit am Prüfstand wirklich aussagekräftig ist? »Wir gleichen unsere Messdaten regelmäßig mit Feldtests sowie mit Computersimulationen ab«, antwortet Wenske.

Nicht nur am IWES, sondern auch in England, Dänemark und den Vereinigten Staaten sind große Gondelprüfstände einsatzbereit beziehungsweise im Aufbau. »Zwar ist das DyNaLab nicht der weltweit stärkste Gondelprüfstand – der steht bei Vestas in Dänemark. Der Clou bei uns ist, dass wir herstellerneutral sind und der gesamten Industrie offen stehen«, erzählt Jan Wenske. »Zudem können wir besonders viele unterschiedliche Belastungen nachstellen und deren Auswirkungen untersuchen.« ■



Podcast online ab 21. Dezember:  
[www.fraunhofer.de/audio](http://www.fraunhofer.de/audio)

# HAUSTIER.



## UPDATE FÜR DEN KOPF

Algorithmen bestimmen unser Leben. Wir verlieben uns in künstliche Intelligenz. Unsere Hausroboter programmieren wir selber.

Und der Postbote ist bald eine Drohne.

WIRED zeigt, was es heute schon gibt und was morgen kommt.

TÄGLICH ONLINE UND  
10x JÄHRLICH AM KIOSK

IDEEN/  
TECHNOLOGIE/  
KULTUR/  
WIRTSCHAFT

WIRED

WIRED.DE

# T-Shirt mit Stresstest

Tragbare Elektronik für Gesundheit und Fitness liegen im Trend. Mittlerweile gibt es sogar Kleidung mit integrierten Sensoren. Eine App analysiert die Daten in Echtzeit. Die zugehörige Software entwickelten Fraunhofer-Forscher mit.

Text: Andreas Beuthner



Puls, Atemfrequenz und Herzschlag – mit Fitness-Armbändern und Smartwatches behält man seine Vitaldaten im Blick. Die am Körper getragenen Geräte zählen meist die Schritte ihrer Träger, registrieren den Pulsschlag und berechnen daraus die zurückgelegte Entfernung oder den Kalorienverbrauch. Das Mainzer Startup-Unternehmen *ambiotex* hat nun ein intelligentes T-Shirt auf den Markt gebracht, das Körperdaten wie Herzfrequenz, Bewegung und Atmung misst. »Zusammen mit dem Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen IIS haben wir ein ganzheitliches System entwickelt, das die Sensorsignale in einer medizinisch erforderlichen Genauigkeit erzeugt und verarbeitet«, erläutert Thomas Claussen, Mitgründer und Geschäftsführer des Startups.

Das Unternehmen will mit seiner tragbaren Sensorik-Kleidung nicht nur Sportler ansprechen, sondern auch im Bereich eHealth und telemetrische Patientenversorgung Fuß fassen. Das aktuelle *ambiotex* Shirt besteht aus mehreren widerstandsfähigen Sensoren, die Vitaldaten des Körpers mit der für medizinische Diagnosen erforderlichen Genauigkeit erfassen. Eine TechUnit, die am T-Shirt magnetisch befestigt ist, sammelt die Daten und sendet sie an eine Smartphone-App. Experten des IIS arbeiteten etwa fünf Jahre an den Algorithmen, dem Funktionsumfang der Sensorik und der TechUnit, um ein präzises Messen der Herzfrequenzvariabilität (HRV), der Atmungsrate, der aktuellen Trainingsperformance sowie des Stresspegels zu realisieren. »Die Integration der Forschungsergebnisse in unser System zur Messung von Vital-

daten ermöglicht uns einen starken Wettbewerbsvorteil und einen technologischen Vorsprung von bis zu 18 Monaten«, unterstreicht Claussen.

Erste Kontakte zu den Forscherinnen und Forschern des IIS knüpfte Thomas Claussen bei einem Messebesuch vor zwei Jahren. Vor allem die neuartigen Algorithmen zur Interpretation von EKG-Signalen sowie die Entwicklung von Energy Harvesting Lösungen faszinierten den technikaffinen Gründer. »Nach dem Gespräch mit dem Institut haben wir umgehend eine Entwicklungskooperation beschlossen«, erinnert sich Claussen. Dann ging es Schlag auf Schlag: Claussen mobilisiert kurzfristig ein Expertenteam aus Fachleuten der *match2blue*-Gruppe, der Muttergesellschaft von *ambiotex*, und in mehreren Workshops mit dem IIS entstand in kurzer Zeit die Produktkonzeption für das Hightech-Shirt. Mittlerweile hat sich die Fraunhofer-Gesellschaft an der *ambiotex* GmbH auch finanziell beteiligt.

Maßgeblich für die schnelle Umsetzung war die professionelle Zusammenarbeit und fachliche Expertise des IIS. Die Stärke im eigenen Unternehmen sieht Claussen im umfassenden Know-how: »Wir haben erfahrene Strategieberater, IT-Experten, Textil-Experten, Fashion Designer sowie Ärzte, die gemeinsam das Produkt von ihren Blickwinkeln optimieren«, betont Claussen. Der *ambiotex*-Geschäftsführer schmiedet bereits neue Pläne: Das T-Shirt soll gemeinsam mit dem IIS zum zertifizierten Medizinprodukt weiterentwickelt werden. ■

Dieses Fitness-Shirt misst den Puls mit einer Genauigkeit wie ein EKG. Diese Daten werden dann von einer App analysiert.  
© *ambiotex*

MEMBERSHIP

WIRED.DE/WEITER.VORN

# KEIN UPDATE MEHR VERPASSEN!

## Ihr Update für den Kopf: die WIRED Membership

Als WIRED Member werden Sie Teil der WIRED Community und können zusätzlich zum Heft, das Sie frei Haus erhalten, exklusive Multimedia-Reportagen und Hintergrundartikel auf WIRED.de lesen und für Freunde freischalten. Dazu, immer wieder bevorzugte Einladungen und Konditionen für Konferenzen, Workshops, Members-Only-Events u.v.m.

1 JAHR WIRED  
+  
GESCHENK  
NUR  
**45€**



Inkl. Onlinezugang auf WIRED.de

## Raspberry Pi Model B+ 512 MB

Der kleine, leistungsfähige, ARM-basierte Einplatinen-Computer steht in Funktionalität einem Desktop-PC kaum nach.



## ALS WIRED MEMBER PROFITIEREN

- + 10 Ausgaben WIRED für nur 45€ plus Geschenk
- + Exklusiver Online-Zugang und Vorteile auf WIRED.de
- + Jetzt bestellen unter 0781/639 4512 oder WIRED.de/weiter.vorn



Versand der Ware erst nach Zahlung des Membershipspreises. Angebot gilt nur in Deutschland, Österreich und der Schweiz. Nur solange Vorrat reicht. 1 Jahr WIRED (10 Ausgaben) nur 45€ (A: 45€, CH: 89 SFR). Nach Ablauf des ersten Jahres ist die Membership jederzeit kündbar. (Alle Preise inkl. MwSt. und Versand)  
WIRED erscheint in der Condé Nast Verlag GmbH, Karlstraße 23, D-80333 München;  
Tel.: 089/38104-0, Fax: 089/38104-270; Amtsgericht München HRB 56733, UST-ID-NR: DE 129 318 186;  
Geschäftsführer: Moritz von Laffert

**WIRED**

UPDATE FÜR DEN KOPF





## *LiDAR-Windmessboje*

Wie stark weht der Wind am geplanten Standort für einen Offshore-Windpark? Mit der LiDAR-Boje des Fraunhofer IWES lässt sich diese Frage beantworten. Die Boje verfügt über ein Light Detection And Ranging-System (LiDAR), eine laserbasierte Technik zur Fernmessung von Windgeschwindigkeit und -richtung.

Foto: Fraunhofer IWES



# Licht neu denken

Matthias Bues untersucht im Light Fusion Lab des Fraunhofer-Instituts für Arbeitswirtschaft und Organisation IA0 in Stuttgart, wie wir unseren Arbeitsplatz in ein besseres Licht rücken können.

Das Gespräch führte Mandy Kühn

Im Light Fusion Lab erforschen die Wissenschaftler innovative Konzepte und Lösungen rund um die Technologien LED und OLED. © Fraunhofer IA0

### Herr Bues, woran forschen Sie aktuell?

Wir forschen an dem Thema intelligentes Licht und wie es Menschen helfen kann, die fortschreitende Digitalisierung im Büro zu meistern. Dafür erarbeiten und erproben wir neueste Beleuchtungs- und Displaysysteme. Die Licht- und Displaytechnologien entwickeln sich derzeit sehr dynamisch. Wir wollen ihre Potenziale so früh wie möglich nutzen, um den Arbeitsplatz der Zukunft optimal zu gestalten.

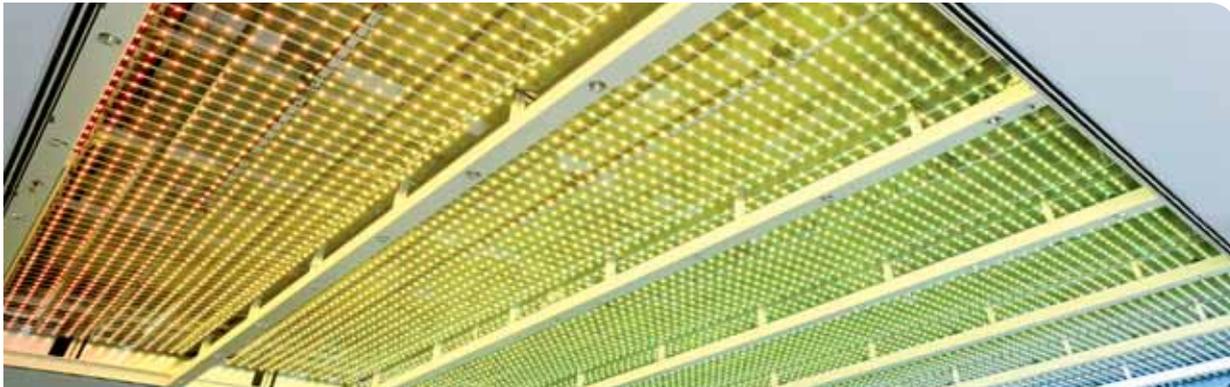
### Wie sieht der perfekt beleuchtete Arbeitsplatz aus?

Am perfekt beleuchteten Arbeitsplatz sind die drei Funktionen des Lichts – Sehen, Stimmung, Biologie – optimal auf die individuellen Anforderungen des jeweiligen Nutzers und die aktuelle Situation abgestimmt.

Durch die Digitalisierung verändert sich unsere Arbeitsweise in den meisten Bereichen radikal. Die Schnittstellen, mit denen wir auf die digitale Welt zugreifen, haben sich aber bisher nur wenig verändert, abgesehen von mobilen Geräten. Mit neuen Displaytechnologien können wir bereits heute Interaktionsflächen und -räume schaffen, die die engen Grenzen des bisherigen PC-Arbeitsplatzes hinter sich lassen. Wir entwickeln beispielsweise einen Arbeitsplatz für Ingenieure, bei dem der ganze Tisch zu einer digitalen Arbeitsfläche wird.

### Sie haben ein Lichtsystem entwickelt, das sich automatisch auf den Menschen und seine Umgebung einstellt. Wie funktioniert das?

Unser Lichtsystem Smart Heliosity passt die Beleuchtung in Echtzeit an die Stimmung des Menschen an, die sich in seiner Mimik widerspiegelt. Damit kann die Beleuchtung negativen



Forschungsschwerpunkte sind die dynamische, multispektrale Beleuchtung für den Arbeitsplatz und andere Anwendungsgebiete, Display- und Interaktionssysteme für zukünftige digitale Arbeitsumgebungen. © Fraunhofer IAO

### Wie wirken sich aus wissenschaftlicher Sicht die Beleuchtungen der meisten heutigen Büros auf die Menschen aus? Lassen sich durch Licht Produktivität und Motivation wirklich steigern?

Lange Zeit galt die Formel »Hell genug = gut genug«. Wir brauchen Licht jedoch nicht nur, um unsere Umgebung zu sehen. Vielmehr beeinflusst es maßgeblich, wie wach und konzentriert wir sind. Es steuert unsere innere Uhr. Statisches, einfach nur helles Licht wirkt ermüdend, es lenkt sogar die innere Uhr unter Umständen in die falsche Richtung.

Eine dynamische Beleuchtung, die im Hinblick auf Helligkeit, Spektrum und Verteilung variabel ist, kann dieser Ermüdung entgegenwirken. Dabei geht es nicht um eine kurzzeitige Produktivitätssteigerung – auf lange Sicht ist eine Beleuchtung, die Gesundheit und Wohlbefinden fördert, viel ökonomischer. Mit LEDs und OLEDs ist es erstmals möglich, bei gleichzeitig hoher Energieeffizienz eine Lichtqualität zu erzeugen, die diesen Anforderungen gerecht wird.

Stimmungen entgegenwirken oder Stress abbauen. Dieses Grundkonzept der intelligenten, individuellen Beleuchtung entwickeln wir in dem vom Bundesministerium für Bildung und Forschung BMBF geförderten Forschungsprojekt »OLIVE« gemeinsam mit Partnern aus Industrie und Forschung in den Bereichen Chronobiologie und Visual Computing weiter.

### Welche Innovationen haben Sie in Ihrem Labor noch entwickelt?

Zum Beispiel ein neues Konzept zur natürlichen Interaktion mit Licht, das über eine reine Gestensteuerung hinausgeht: Zusammen mit dem Hersteller TRILUX haben wir eine Lichtsteuerung entwickelt, die den Nutzern das Licht quasi direkt in die Hand gibt. Sie können es gezielt dort »ausgießen«, wo sie es brauchen, und es auch wieder »wegwischen«. Als Eingabegerät nutzen wir eine Kinect-Kamera. Anwendung findet das Prinzip etwa an Patientenbetten im Krankenhaus, wo die Krankenschwester nachts Infusionen oder Verbände kontrollieren kann und dazu genau dort Licht hat, ohne den ganzen Raum zu beleuchten. ■

### Welche bisher nicht denkbaren Arbeitsumgebungen ermöglichen die neuen Technologien?

 Light Fusion Lab:  
<http://s.fhg.de/25789>

# Große Kraft in ultrakurzen Pulsen

Scheiben-Verstärker mit 1,5 kW. © Fraunhofer ILT

Ultrakurzpulslaser arbeiten äußerst präzise und materialschonend. Da ihre Leistung jedoch sehr gering ist, werden sie bislang erst in wenigen Bereichen wie in der Halbleiterfertigung eingesetzt. Forscherinnen und Forschern gelang es, die Leistung von Ultrakurzpulslasern deutlich zu erhöhen – auf bis zu 1,5 Kilowatt.

Text: Janine van Ackeren

Bei dem Begriff Werkzeug denkt man meist an Hammer, Schraubendreher, Dreh- und Fräsmaschinen oder andere handfeste Gerätschaften. Dabei ist eines der wichtigsten Arbeitsgeräte in der Industrie das Licht. Mit dem Laser lassen sich Metalle schweißen, Oberflächen polieren, winzige Strukturen erzeugen oder Tastaturen beschreiben. Weitere neue Einsatzmöglichkeiten in der Präzisionsbearbeitung eröffnen Ultrakurzpulslaser, die UKP-Laser. Diese erzeugen Lichtblitze, die meist nicht länger dauern als ein paar Nano- oder Pikosekunden – also den Milliardsten oder Billionsten Teil einer Sekunde. Das schont das Material, es erwärmt sich kaum. Zudem arbeiten UKP-Laser noch präziser als Laser mit einem kontinuierlichen Lichtstrahl. Allerdings haben sie auch einen Nachteil: Sie verfügen bislang nur über eine geringe Leistung von wenigen 10 Watt. Zum Vergleich: Herkömmliche Laser erbringen eine Leistung von bis zu einigen Kilowatt. Für viele Industrieunternehmen war der UKP-Laser damit lange Zeit nicht wirtschaftlich. Gilt doch: Je höher die Laserleistung, desto höher die erreichten Produktionszahlen.

## Starke Leistung

Forscherinnen und Forschern am Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT in Aachen gelang es, die Produktivität der UKP-Laser deutlich zu steigern: »Mit dem optischen Verstärker Innoslab können wir gepulstes Laserlicht auf die industriell benötigte Leistung bringen«, sagt Hans-Dieter Hoffmann, Leiter des Kompetenz-

felds Laser und Optik am ILT. Das Herzstück des Verstärkers, den die Forscher gemeinsam mit mehreren Verbundpartnern entwickelten, ist eine einen Millimeter dicke Laserkristallplatte. In Fachkreisen wird sie auch Slab genannt. Um diese Platte herum gruppieren sich vier Spiegel. An den beiden gegenüberliegenden Seiten des Slabs tritt ein Pumpstrahl ein. Dann leiten die Wissenschaftler ultrakurze Laserpulse mit einer Leistung von einigen 100 Milliwatt in den optischen Verstärker ein: Die Spiegel lenken diese Pulse mehrere Male um. Dabei nehmen sie jedes Mal Energie vom Pumpstrahl auf – so lange, bis die gewünschte Leistung von 100 bis 600 Watt erreicht ist. »Diese Leistungsspanne ist in der Industrie derzeit am gefragtesten. Technisch geht allerdings weit mehr: Wir können sogar bis zu 1000 Watt erreichen. Künftig wollen wir die Leistung sogar in den Fünf-Kilowatt-Bereich treiben«, erläutert Hoffmann.

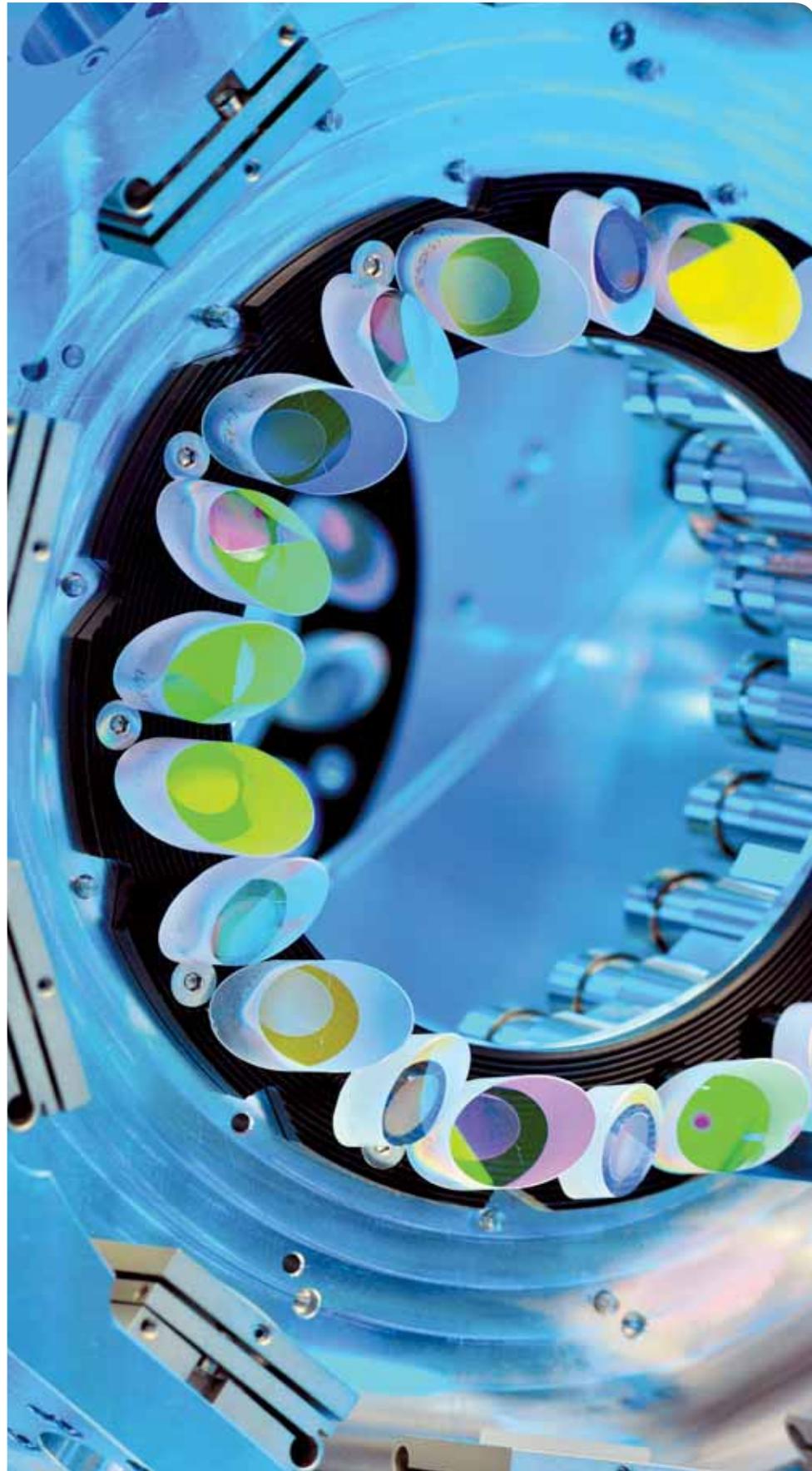
## Neuer Weltrekord

Der Ansatz überzeugt: Die Spin-Offs EdgeWave und AMPHOS nutzen die Entwicklung. Zudem erhielten die Fraunhofer-Wissenschaftler und ihr Partner gleich mehrere Auszeichnungen für den Innoslab – den Wissenschaftspreis des Stifterverbands 2012 und den zweiten Innovations- und Zukunftspreis 2012 der Berthold Leibinger Stiftung. Im Mai 2015 konnten die Experten mit dem optischen Verstärker sogar einen Weltrekord aufstellen: »Wir haben einen Scheibenlaser der Firma Trumpf mit Innoslab kombiniert und

konnten den Leistungsweltrekord für Ultrakurzpulsstrahlung nochmals erhöhen«, freut sich Hoffmann. Das System funktioniert folgendermaßen: Ein Oszillator speist Laserlicht von etwa einem Watt Leistung in Innoslab ein. Dieser entlässt das Licht mit einer Leistung von 640 Watt und koppelt es in den Scheibenlaser ein, der mit einer sehr dünnen, gekühlten Scheibe ausgestattet ist. Zahlreiche Spiegel rund um den Scheibenlaser schicken das Licht etwa 18 Mal durch diese Scheibe, die Leistung verstärkt sich dabei jedes Mal um fünf Prozent. »Mit diesem Aufbau erreichen wir eine Leistung von 1,5 Kilowatt, bei einer Pulsdauer von 710 Femtosekunden«, konkretisiert Hoffmann. »Grundsätzlich hat der Aufbau sogar das Potenzial, eine Leistung von weit über zwei Kilowatt zu erbringen. Damit konnten wir die Laserleistungen von kontinu-

## Das Fraunhofer ILT wird 30 Jahre

Am 1. Oktober feiert das Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT in Aachen seinen 30. Geburtstag. Mit über 400 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern zählt das ILT weltweit zu den bedeutendsten Auftragsforschungs- und Entwicklungsinstituten im Bereich Laserentwicklung und Laseranwendung. Die Kernkompetenzen umfassen die Entwicklung neuer Laserstrahlquellen und -komponenten, Lasermess- und Prüftechnik sowie Laserfertigungstechnik.



ierlichen Industrielasern auf Ultrakurzpulslaser übertragen.« Mit solchen starken UKP-Lasern lassen sich zum Beispiel Bauteile aus kohlefaser-verstärktem Kunststoff bearbeiten.

### Kurze Pulse

Doch Leistung ist nicht alles. Auch die Pulsdauer ist ein Parameter, der für die Anwender in Industrie und Medizin wichtig ist. Denn: Je kürzer die Pulse, desto weniger Wärme überträgt der Laserstrahl auf das Material, desto kleiner bleibt der erwärmte Bereich – und desto präziser kann man mit dem Laser arbeiten. Die Forscher haben daher ein optisches Zusatzmodul entwickelt: Bei UKP-Lasern mit Leistungen bis zu einem Kilowatt verkürzt es die Pulsdauer um den Faktor vier. »Wir haben die Pulsdauer von derzeit 700 bis 800 Femtosekunden auf die von der Industrie für einige Applikationen benötigten 200 Femtosekunden reduziert, bei 350 Watt Leistung«, bestätigt Hoffmann. Einen Prototyp des Pulscompressors gibt es bereits, auch die Patente sind angemeldet. Seit September 2015 treiben die Wissenschaftler diese Arbeiten in einem Vorlaufprojekt des Bundesministeriums für Bildung und Forschung BMBF weiter voran. Ziel ist es, die Pulsdauer bis unter 100 Femtosekunden zu senken.

### Neue Wellenlängenbereiche

Eine weitere wichtige Stellschraube bei den Laserparametern ist die Wellenlänge des ausgesendeten Lichts. Passt man die Wellenlänge an die Anwendung an, lassen sich beispielsweise bestimmte Schichten gezielt abtragen, während andere vom Laserlicht kaum etwas spüren. Das könnte beispielsweise im Automobilbau interessant sein: Um kohlefaser-verstärkte Kunststoffe zu Bauteilen zu formen, beschichtet man sie mit einem Antihafmittel. Sollen die Teile anschließend mit anderen verklebt werden, muss dieses Antihafmittel weg – und zwar ohne das Bauteil zu beschädigen. Möglich wäre das mit einem langwelligen Laser im Bereich von zwei bis fünf Mikrometern. Die Forscher erarbeiten daher momentan unter anderem Laser mit Wellenlängen zwischen 1,6 und 3,0 Mikrometern und einer Leistung bis zu 100 Watt. »Die Anwendungsgebiete der UKP-Laser können daher nun entsprechend ausgebaut werden«, zieht Hoffmann das Fazit. ■

# Schaltzentrale für Smart Cities

Die Städte der Zukunft sollen sauberer, energiesparender und lebenswerter sein. Dazu benötigt man zentrale Steuerungen, die verschiedene Bereiche wie Trink- und Abwasser, Energie oder das Abfallmanagement optimal aufeinander abstimmen. Davon sind die Städte heute noch weit entfernt, weil es in der Regel für jeden Bereich nur Insellösungen gibt. Forscherinnen und Forscher im EU-Projekt ALMANAC entwickeln eine allumfassende Software – eine Art Gehirn für die Stadt von morgen.

Text: Birgit Niesing

Die Menschheit drängt in die Städte, denn Städte locken mit Arbeitsplätzen, Wohlstand, hohem Freizeitwert und – vor allem in Entwicklungs- und Schwellenländern – mit der Hoffnung auf eine bessere Ausbildung. Nach Angaben der Vereinten Nationen lebte 1950 nur ein knappes Drittel der Weltbevölkerung in Städten, heute sind es 54 Prozent. Dieser Wert soll bis zum Jahr 2050 weiter auf 66 Prozent steigen. Doch das Wachstum der Städte bringt Probleme mit sich. Immer mehr Menschen verbrauchen immer mehr Wasser und Strom, sie produzieren immer mehr Müll und immer mehr Abwasser. Obwohl die Städte und mit ihnen die Herausforderungen wachsen, sollen die Metropolen künftig sauberer, lebenswerter und auch energiesparender werden.

Erreichen wollen Experten das, indem sie Städte »intelligent« machen. Eine Vision für die Städte der Zukunft: Sie sollen ihren Energieverbrauch steuern, die Müllabfuhr organisieren und ständig mit den Bürgern in Kontakt sein, um über deren Bedürfnisse informiert zu sein. In den meisten Großstädten dieser Welt sieht die Realität aber noch anders aus. Dienste wie die Abfallbeseitigung, die Wasser- oder Stromversorgung sind meist voneinander getrennte

Einheiten. Und die Bewohner können, wenn überhaupt, allenfalls über Bürgertelefone mit den städtischen Einrichtungen Kontakt aufnehmen. Auf dem Weg zur smarten City fehlt es vielfach noch an einer großen Schaltzentrale, die alles im Blick hat.

Aus diesem Grund haben sich 2013 mehrere europäische Forschungseinrichtungen, ein Telekommunikationsunternehmen sowie die Stadt Turin zusammengetan, um im Kooperations-Projekt ALMANAC eine solche zentrale Schaltstelle, eine Art Großhirn für die Smart Cities zu entwickeln. Forscher vom Fraunhofer-Institut für Angewandte Informationstechnik FIT sind daran maßgeblich beteiligt. Kern des ALMANAC-Konzepts: Eine Smart-City-Plattform, die künftig Daten aus ganz verschiedenen Bereichen sammelt und miteinander verknüpft. In einem ersten Schritt werden in ALMANAC vor allem die Aspekte Abfall, Wasserversorgung und Bürgerbeteiligung bearbeitet.

## Bereiche intelligent verknüpfen

In Turin etwa steht man heute vor dem Problem, dass in einigen Stadtbezirken Müllcontainer in Mehrfamilienhäusern und Wohnsiedlungen über-

quellen, während sie in anderen Vierteln oftmals halb gefüllt geleert werden. Die Stadtverwaltung wünschte sich deshalb ein System, das die Füllstände der Container misst und die Daten an eine Zentrale schickt. Damit lassen sich die Sammelrouten der Müllfahrzeuge jederzeit perfekt an den Bedarf anpassen.

Tatsächlich gibt es solche Füllstandssysteme für Mülltonnen bereits. Sie werden unter anderem von der irischen Firma SmartBin angeboten. Das Unternehmen stellte seine Daten den ALMANAC-Forschern zur Verfügung. »Dieses Beispiel zeigt die Funktionsweise von ALMANAC sehr gut«, sagt Projektleiter Marco Jahn vom FIT. »Unser Ziel ist es, bestehende Technologien zu nutzen, um die verschiedenen Bereiche der Stadt über die Software zu bündeln und intelligent zu verknüpfen.«

Das Herz der Smart-City-Plattform bildet die am FIT entwickelte LinkSmart-Middleware. Aufgabe dieses übergeordneten Programms ist es, ganz unterschiedliche Technologien miteinander zu verbinden und Daten zu verarbeiten – beispielsweise Informationen verschiedener Sensoren, die mit unterschiedlichen Kommuni-





Die Städte sollen in Zukunft effizienter, technologisch fortschrittlicher, grüner und sozial, eben smart, sein.  
© shutterstock

### Das ALMANAC-Projekt

Zu den Partnern des ALMANAC-Projekts gehören neben dem Fraunhofer FIT das italienische Istituto Superiore Mario Boella, die schwedische CNet Svenska AB, die dänische In-JeT ApS, die Telecom Italia, die Stadt Turin und das dänische Alexandra-Institut. Das Projekt wird von der Europäischen Union mit drei Millionen Euro gefördert und hat eine Laufzeit von drei Jahren. Es endet im August 2016.



kationsstandards arbeiten. Diese Daten werden dann von der Middleware in eine gemeinsame Sprache übersetzt.

### Lecks in Wasserleitungen entdecken

Die Forscher arbeiten noch an der Lösung eines weiteren Problems: Sie wollen Leckagen oder Rohrbrüche in Trinkwasserleitungen, durch die mancherorts viel Wasser verloren geht, schneller aufspüren. Statt in einer ganzen Stadt neue Sensoren zu installieren, greift die Software schlicht die Daten vieler Wasseruhren ab, die ohnehin in der Stadt verteilt sind. So kann die Software erkennen, in welchem Abschnitt es einen auffälligen Wasserverlust gibt. Die Wasserbetriebe können diese Informationen nutzen, um die Planung, Überwachung und den Betrieb ihrer Netze zu verbessern. Das Beispiel zeigt, dass heute bereits in vielen Städten technische Geräte vorhanden sind, die man für eine smarte Steuerung nutzen könnte – wenn man sie denn mit einer Zentrale verknüpfte.

Wichtig war es den ALMANAC-Partnern, dass die Bürger künftig besser als heute in das Management einer Stadt eingebunden werden. So

sollen Bürger künftig über eine App Mitteilungen an das System senden können, die automatisch zugeordnet werden. Auch Fotografien soll die Software verarbeiten können – etwa Bilder von Orten, an denen Bürger verbotenerweise Schutt abladen. Die ALMANAC-Plattform könnte diese Plätze automatisch berücksichtigen, wenn sie die nächste Route für die Müllfahrzeuge berechnet.

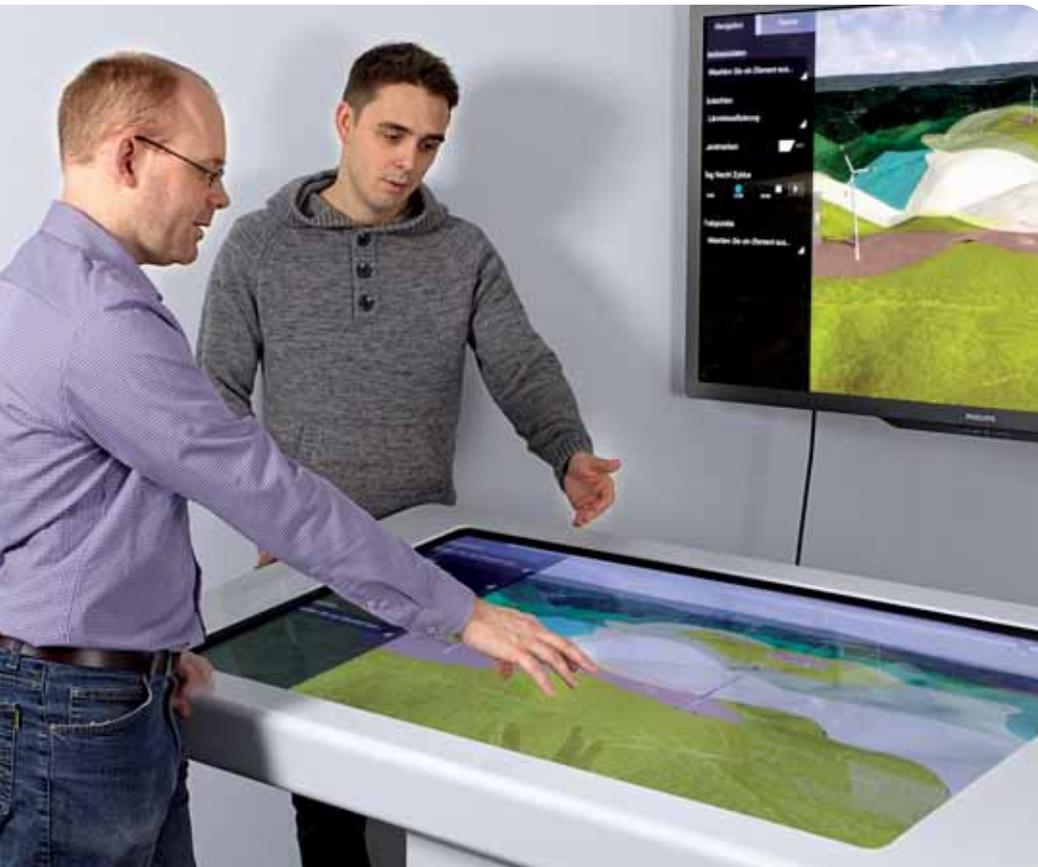
### Bessere Information der Städter

»Die Software ist so ausgelegt, dass sie mitwachsen kann«, sagt Jahn. »Zwar beschränken wir uns in ALMANAC auf einige wenige Aspekte der Smart City, doch letztlich könnten wir alle möglichen Szenarien abbilden – je nachdem, was gewünscht ist.« Die Plattform könnte den Bürgern unter anderem Informationen zum aktuellen Strom- oder Wasserverbrauch in ihrem Stadtviertel oder Wohnblock aufs Smartphone spielen. Bei Wassermangel könnten die Bürger dann zum Beispiel bewusst aufs Rasensprengen verzichten.

Den Bereich Energiemanagement haben die Kooperationspartner zunächst bewusst ausge-

klammert, weil es europaweit inzwischen sehr viele solcher Projekte gibt, insbesondere Projekte, die sich mit der Frage befassen, wie sich die Schwankungen von Sonnen- und Windstrom ausgleichen lassen. »Selbstverständlich könnten wir auch sämtliche Energiedaten in unser System einpflegen, um auf Schwankungen zu reagieren«, sagt Jahn. So ließen sich in die Middleware Informationen von Smartmetern einspeisen von Geräten, die künftig den Stromverbrauch von Gebäuden dem Angebot an Grünem Strom anpassen sollen. Ein Beispiel sind Kühlhäuser, die bei hohem Windstromangebot ihre Temperatur weiter senken, um eine Kältereserve für wind-schwache Zeiten zu haben.

Ein wichtiger Aspekt ist die Datensicherheit. »Die Software benötigt viele Informationen, um die verschiedenen Prozesse in einer Stadt aufeinander abzustimmen, aber alle Beteiligten können selbst bestimmen, welche Daten vertraulich oder öffentlich sind«, erläutert Jahn. Zu diesem Zweck enthält die Software strenge Vorgaben für Zugriffsrechte. Die im Projekt entwickelten Lösungen werden zunächst in Turin erprobt, um dann Schritt für Schritt auch in weiteren Städten zum Einsatz zu kommen. ■



Mit der Software 3D-Vis lassen sich Geodaten einfach in 3D-Stadt- und Landschaftsmodelle verwandeln.  
© Fraunhofer IGD

## Anschaulich planen

Energiewende – ja bitte. Aber wo sollen neue Windkraftanlagen entstehen? Und wie verlaufen die Stromtrassen? Diese Fragen führen vielfach zu Diskussionen. Das neue Kommunikationstool SmartVis3D ermöglicht es künftig, nicht nur die Auswirkungen der Infrastrukturplanungen zu visualisieren, sondern auch die Bürger stärker zu beteiligen.

Text: Janine van Ackeren



Wind ist einer der wichtigsten regenerativen Energiequellen in Deutschland. Im vergangenen Jahr lieferten Windparks an Land bereits 8,4 Prozent des benötigten Stroms, so die Agentur für Erneuerbare Energien. Tendenz weiter steigend. Doch nicht alle Menschen sind mit dem Bau von neuen Anlagen in ihrer Nachbarschaft einverstanden. Der Grund: Die Windräder sind nicht nur weithin sichtbar, sondern werfen auch lange Schatten und machen Lärm. Und auch der Bau neuer Stromtrassen, etwa um die elektrische Energie von Norden nach Süden zu transportieren, sorgt oftmals für Unmut bei den Betroffenen. Niemand möchte von seiner Terrasse aus auf eine solche Stromautobahn blicken.

Auch wenn viele Bürgerinnen und Bürger für die Energiewende sind, wird über die konkrete Umsetzung einzelner Windkraftanlagen und Stromtrassen vor Ort heftig diskutiert. Allein anhand der Planungsunterlagen fällt der Dialog von Entscheidungsträgern und Anwohnern

oft schwer. Denn wer kann sich schon genau vorstellen, welcher Verlauf der Stromtrasse sich wie auf die Landschaft auswirkt? Oder wie weit ein neuer Windpark noch zu sehen ist? Um die Entwürfe anschaulicher zu machen und die Interessen von Anwohnern besser einbeziehen zu können, entwickelte das Fraunhofer-Institut für Graphische Datenverarbeitung IGD in Darmstadt gemeinsam mit Projektpartnern in dem Forschungsvorhaben »Interaktive 3D-Visualisierung in der räumlichen Planung« einen ersten Prototypen von SmartVis3D.

### Die Software SmartVis3D stärkt Kommunikation

»Unser Ziel ist es, durch Einsatz modernster 3D-Visualisierungen die Fakten transparent und allgemein verständlich darzustellen. So wollen wir die Kommunikation zwischen Betroffenen, Planern und Entscheidungsträgern auf eine sachlichere Ebene bringen«, sagt Dr.-Ing. Joachim Rix, stellvertretender Abteilungsleiter am IGD in Darmstadt. Das Werkzeug SmartVis3D verknüpft unterschiedliche Geo- und Projektdaten zu einem räumlichen und interaktiven Modell. Das Projekt wurde vom Hessischen Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Landesentwicklung gefördert.

Um die Daten zu visualisieren, nutzen die Entwickler einen Multi-Touch-Table – eine Art überdimensionaler Tablet-PC und ein großformatiges Wanddisplay oder eine Beamerprojektion. Auf dem Multi-Touch-Table wird beispielsweise der geplante Windpark an seinem künftigen Stand-

ort dargestellt. Die Software SmartVis3D errechnet den Schattenwurf im Tagesverlauf sowie die zu erwartende Lärmentwicklung. Auf dem Multitouch-Table kann man auch den Standort der Anlage verschieben oder eine Planungsvariante aufrufen. Wie sich die Windkraftanlage jeweils in die Landschaft einfügt und welche Geräuschentwicklung von ihr ausgeht, lässt sich von unterschiedlichen Positionen ‚live erleben‘. So haben die Bürger die Möglichkeit, sich vorab ein umfassendes Bild zu machen und können bereits in der Planungsphase Verbesserungsvorschläge einbringen und diese überprüfen.

### Einsatz bei Bürgerversammlungen

Ihren ersten Praxistest hat die neue Technik bereits bestanden. Die Software kam bereits bei einer Bürgerversammlung in Oestrich-Winkel im Rheingau-Taunuskreis zum Einsatz. Hintergrund: Das Land Hessen möchte den Anteil der Windenergie am Energiemix steigern und hat daher zwei Prozent der Landesflächen als Windnutzungsflächen ausgewiesen – unter anderem den Taunuskamm. Die Bevölkerung ist alarmiert – sie befürchtet, dass die riesigen Rotoren das Panorama beeinträchtigen.

Um die Planungen transparent zu machen, projizierten die Wissenschaftler über die Software SmartVis3D und einen Beamer ein dreidimensionales Modell der Rheingau-Landschaft an die Wand – samt der zwölf dort vorgesehenen Windrädern. Von verschiedenen Standpunkten sahen die Anwesenden, wie die Anlagen von dort aus wirken. »Dabei haben

wir auch Dinge berücksichtigt, die man sonst leicht außer Acht lässt – beispielsweise die Windrichtung, anhand derer die Windanlagen ausgerichtet werden«, erläutert Rix. Da der Wind meist aus westlicher Richtung kommt, sieht man vom Tal aus die Windanlagen eher seitlich. »Die Windräder dominieren die Landschaft dann weniger stark als solche, die man von vorne sieht«, sagt Rix. Auch in der Nachbargemeinde Eltville kam die Software schon zum Einsatz und Termine in weiteren Orten sind in Planung. Darüber hinaus ist auch ein Einsatz als Anwendung im Internet denkbar. Interessierte Bürger könnten sich dann Zuhause über die Infrastruktur-Planungen, ihre Auswirkungen und Standortalternativen informieren.

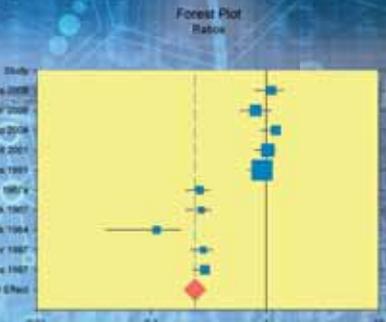
### Stromtrassen, Bahntrassen und Stadtplanung

Hilfreich ist SmartVis3D auch für die Planung von Stromtrassen: Damit lassen sich zweidimensionale Karten, dreidimensionale Ansichten der Wälder und Städte, existierende Trassen sowie der neu geplante Trassenverlauf zu einem großen Ganzen verbinden. Besonderer Vorteil der Software: Sie zeigt auch an, wo die Stromtrassen nicht verlaufen dürfen. So müssen die Leitungen mindestens einen Abstand von 400 Meter zu Siedlungsgebieten haben. Mit der Software lassen sich ebenso Straßen oder Bahntrassen ausarbeiten. Ein weiteres Anwendungsfeld liegt in der Stadtplanung – die dafür optimierte Software ist unter dem Namen City-Server3D von Vertriebspartnern bereits auf den Markt gebracht worden. ■

Der einfachste Weg, Daten zu analysieren und präsentieren!



Exact Graphs and Data Analysis



Forest Plot Ration

Neu!  
Version 13

Kostenlose Demo-CD  
anfordern unter:  
kontakt@systat.de

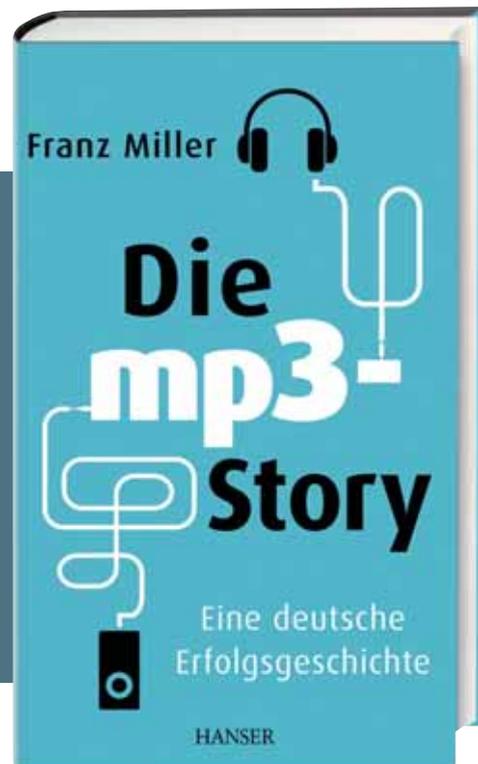
(Bitte FM0915 angeben)

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

# Die mp3-Story

Auf dem Smartphone, dem Computer, der Musikanlage oder dem Autoradio – mp3 ist auf unzähligen Geräten installiert. Wie das Audioformat »Made in Germany« zu einem internationalen Erfolg wurde, erzählt das Buch »Die mp3-Story«.

Text: Birgit Niesing



Das Buch zum Audioformat, das die Musikwelt revolutionierte. © Carl Hanser Verlag

Die weltweit bekannteste aktuelle Erfindung aus Deutschland ist mp3. Dieser Erfolg war jedoch nicht vorhersehbar, als vor mehr als zwei Jahrzehnten eine kleine Gruppe des Fraunhofer-Instituts für Integrierte Schaltungen IIS und der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg begann, die digitale Musikcodierung zu erforschen. Mit dem Komprimierungsverfahren mp3 gelang es ihnen, die große Datenmenge einer CD auf ein Zwölftel zu reduzieren, und das ohne hörbaren Qualitätsverlust. Doch mit dem Aufstieg des Internets löste das Audioformat eine Revolution in der Musikindustrie aus. Populär wurde es nicht nur durch das Internet, sondern auch durch kleine, tragbare Musikplayer wie dem iPod. Die praktischen mp3-Player machten Musikhören überall und jederzeit möglich. Der unaufhaltsame Siegeszug von mp3 rund um die Welt hatte begonnen.

## Vom Nischenmarkt ins Internet

Der Weg zum Erfolg war lang. Denn Anfang der 90er steckte das World Wide Web noch in den Kinderschuhen und es gab weder leistungsfähige Computer-Chips, noch PCs, Soundcards oder Speicher. Aber die Forscher vertrauten auf das Moore'sche Gesetz, das eine dramatische Leistungssteigerung der elektronischen Bausteine vorhersagte. »Entscheidend für den Durchbruch von mp3 war, dass es auf dem richtigen Markt das technologisch überlegene Format war«, ist Franz Miller überzeugt. In seinem Buch »Die mp3-Story - Eine deutsche Erfolgsgeschichte« beschreibt der Wissenschafts-

journalist ein besonderes Kapitel Technik- und Innovationsgeschichte. Denn das Audioformat veränderte grundlegend die Art, wie wir Musik hören, kaufen, speichern und verteilen. Der Autor stellt mp3 in den Zusammenhang der »Digitalen Revolution«, die schrittweise alle Lebens- und Arbeitsbereiche durchdringt und durch Digitalisierung, Computerisierung und den Ausbau weltweiter Kommunikationsnetze wie Internet und Mobilfunk angetrieben wird.

»Der Erfolg von mp3 ist einzigartig. Nur ganz selten wird aus technologischer Exzellenz ein so überragender wirtschaftlicher Erfolg. Der weltweite Durchbruch ist vor allem dem Erfindergeist, dem technischen Können, der Kreativität, der Hartnäckigkeit und dem unbändigen Durchsetzungswillen der Forschergruppe am IIS zuzuschreiben«, so das Fazit des Autors.

In der mp3-Story stecken drei Geschichten: Zum ersten die Chronik eines technologischen Durchbruchs. Zum zweiten die Geschichte einer disruptiven Innovation, die das bis dahin erfolgreiche Geschäftsmodell der Musikindustrie angreift und eine ganze Branche umstürzt. Und zum dritten ist es ein Exempel für den Medienwandel durch Digitalisierung, der unsere traditionelle bürgerliche Kultur radikal verändert.

Das Buch »Die mp3-Story – Eine deutsche Erfolgsgeschichte« des Carl Hanser Verlag München erschien Ende August 2015 und kostet 26 Euro (ISBN 978-3-446-44471-3). ■



## Neue Energie für Europa

Um die Klimaziele der Europäischen Union zu erreichen, muss im Jahr 2030 die Hälfte des benötigten Stroms aus erneuerbaren Quellen stammen. Ein wesentlicher Teil des erzeugten Strom – etwa ein Drittel – wird deshalb künftig aus Windkraft und Sonnenenergie kommen. Allerdings liefern Wind und Sonne nur fluktuierend Energie. Eine noch engere Vernetzung der zentralwesteuropäischen Stromsysteme von Frankreich, der Schweiz, Österreich, den Benelux-Ländern und Deutschland (CWE-Region) kann entscheidend dazu beitragen, den Aufwand für den Ausgleich von wetterabhängiger Wind- und Sonnenenergie zu reduzieren. Zu diesem Ergebnis kommt eine Studie, die Forscherinnen und Forscher des Fraunhofer-Instituts für Windenergie und Energiesystemtechnik IWES in Kassel im Auftrag von Agora Energiewende erstellten.

Eine weitere positive Auswirkung: Dank der engeren Vernetzung lassen sich mit den Überschüssen in einer Region geringere Erzeugungsmengen in anderen Gegenden ausgleichen. Das ist bislang so nicht möglich, deshalb wird Strom aus Erneuerbaren Energien an Tagen mit viel Wind und Sonne oft nicht ins Stromnetz eingespeist. Diese Abregelung ließe sich in 90 Prozent der Fälle vermeiden. Dennoch: Auch bei einer besseren Vernetzung der zentralwesteuropäischen Stromsysteme werden flexible Kraftwerke (Pumpspeicher, Gaskraftwerke) und Stromspeicher benötigt, um Backup- und Ausgleichsfunktionen zu übernehmen – im Vergleich zu heute allerdings nur noch zu einem Bruchteil.



## Virtuelles Labor

Deutschland und Frankreich zählen zu den führenden europäischen Ländern in der Halbleitertechnologie und Solarzellenforschung. Um die bereits seit einigen Jahren bestehende Kooperation zwischen der Forschungsgruppe CEA Tech in Grenoble und Chambéry, der Behörde für Atomenergie und alternative Energien (CEA), sowie dem deutschen Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE in Freiburg noch weiter zu stärken, haben beide Partner jetzt eine Vereinbarung über ein »Virtuelles Labor« getroffen. In diesem Labor wollen die Experten gemeinsam Wissenschaftler ausbilden, an Prototypen für Solarzellen der Zukunft arbeiten und Synergien in der industriennahen Forschung für höchsteffiziente Mehrfachsolarzellen schaffen.

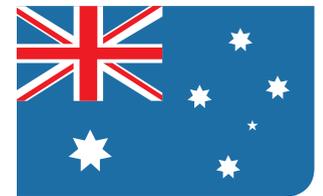
»Wir freuen uns auf die Kooperation mit unseren Kollegen vom CEA Tech in der Entwicklung neuer höchsteffizienter Solarzellen und auch darauf, diese Produkte auf den Markt zu bringen«, sagt Dr. Frank Dimroth, Abteilungsleiter III-V - Epitaxie und Solarzellen am ISE. »Wir sind der festen Überzeugung, dass das Ergebnis der Zusammenarbeit das bestmögliche Forschungsangebot für die Industrie darstellt«, ergänzt sein französischer Kollege Dr. Thomas Signamarcheix, Leiter des »Advanced Substrate Laboratory« am CEA Tech.



## Gemeinsam forschen

Das Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik IML in Dortmund und die Arabische Akademie für Wissenschaft, Technologie und Seeverkehr (AASTMT) wollen künftig in den Bereichen Transport, Logistik und Supply Chain Management zusammenarbeiten. Professor Uwe Clausen, Institutsleiter am IML, und Professor Atalla Hashad, Vice President for Education and Students Affairs der AASTMT, unterzeichneten ein entsprechendes Memorandum of Understanding im House of Logistics and Mobility (HOLM).

Die 1970 gegründete AASTMT mit Sitz in Alexandria ist eine der führenden wissenschaftlichen Institutionen in Ägypten in den Bereichen Transport und Seeverkehr und bietet neben der Forschung auch ein umfassendes Aus- und Weiterbildungsprogramm für Studenten an.



## Generativ Fertigen

Im Melbourne wurde ein neues Kooperationszentrum für Innovative Produktionstechnologie ins Leben gerufen. Ziel des »Innovative Manufacturing Cooperative Research Centre (IMCRC)« ist es, die Zusammenarbeit zwischen Wissenschaft und Wirtschaft im Bereich der Additiven Fertigung zu fördern. Im Fokus stehen dabei Forschung und Entwicklung für Generative Fertigungsverfahren wie dem Drucken in 3D, die Entwicklung von automatisierten und unterstützenden Technologien sowie die Fertigung hochwertiger Produkte.

An der Initiative beteiligen sich 18 internationale Unternehmen der produzierenden Industrie sowie 16 Universitäten und Forschungseinrichtungen – darunter auch das Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT aus Aachen. Es ist die einzige deutsche Forschungs- und Entwicklungs-Organisation, die im IMCRC mitarbeitet.

# Werkzeuge für den Trinkwasserschutz

Was tun, wenn Giftstoffe ins Trinkwassersystem gelangen? Experten entwickeln Technologien für ein umfassendes Monitoring, Frühwarn- und Notfallmanagementsystem.

Text: Monika Weiner

Die Detektion von Gefahrenstoffen im Trinkwasser ist lebensnotwendig.  
© shutterstock



Schon wenige Tropfen können verheerende Folgen haben: Giftstoffe, die ins Trinkwassersystem gelangen, werden zwar verdünnt, breiten sich aber zusammen mit dem Wasser im Leitungsnetz aus. Innerhalb weniger Stunden können sie Millionen Verbraucher erreichen. »Um die Bevölkerung zu schützen, muss man die Gefahrenstoffe möglichst schnell entdecken und wissen, wie sie sich ausbreiten«, erklärt Dr. Thomas Bernard, Spezialist für Strömungsmodelle am Fraunhofer-Institut für Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung IOSB in Karlsruhe. Doch den Weg des Wassers zu berechnen und vorherzusagen, ist selbst für ihn eine diffizile Aufgabe, denn in einem Trinkwassernetz ist die Strömung nicht überall gleich: »Sie ändert sich abhängig vom Druck in den Leitungen, dem Durchmesser und der Geometrie der Rohre sowie der Zahl der Verbraucher. Wo sich das Leitungssystem verzweigt, bilden sich häufig Turbulenzen und chaotische Strömungen.«

Wer dieses strömungsdynamische Schauspiel live miterleben will, der muss ein Speziallabor aufsuchen, das einen Blick ins Innere der Rohr-

leitungen erlaubt. Bernard und sein Team sind daher nach Dresden zum Technologiezentrum Wasser TZW gereist. Im Keller des Gebäudes befindet sich ein komplexes Leitungsnetz aus Plexiglas. Soeben wird in den Zulauf ein Farbstoff injiziert. Blaue Schlieren mischen sich mit Wasser, das hellblau gefärbt auf eine Verzweigung zuströmt, an der vier Rohre aufeinandertreffen. Konzentriert verfolgen die Fraunhofer-Forscher das Geschehen. Die blaue Flüssigkeit biegt im 90-Grad-Winkel ab und fließt weiter, ohne dass in die beiden gegenüberliegenden Rohre Farbstoff eindringt – dort bleibt das Wasser klar.

## Chaos im Rohr

»Das Experiment zeigt, dass die Ausbreitung eines Stoffs nicht immer einfach vorherzusehen ist«, erklärt Bernard. Während er den Fluss des Wassers in den Leitungen verfolgt, registrieren Dutzende von Sensoren dessen Bewegung. Mit Hilfe der Messwerte kann der Physiker seine Computersimulationen optimieren. Das Ziel: die Bewegung des Wassers im Leitungssystem ganzer Städte zu berechnen – in Echtzeit. »Nur

wenn solche Simulationen präzise und schnell genug sind, helfen sie den Versorgungsunternehmen, im Notfall die richtigen Entscheidungen zu treffen«, so der Gruppenleiter.

Gemeinsam mit einem französischen Wissenschaftlerteam hat er bereits ein lernfähiges Modell entwickelt. Diese Simulation berücksichtigt aktuelle Messwerte wie die Trübung, den pH-Wert und die bakterielle Belastung des Wassers, um potenzielle Gefahren für den Verbraucher zu ermitteln. Werden kritische Werte erreicht, schlägt das System nicht sofort Alarm, sondern sucht zuerst nach möglichen Ursachen: Wurde gerade eine andere Wasserquelle angezapft? Eine Pumpe geöffnet oder heruntergefahren? »Mehr als 90 Prozent aller Anomalien gehen auf veränderte Betriebszustände zurück und sind kein Grund zur Beunruhigung«, erklärt Bernard. »Die größte Herausforderung bei der Analyse liegt darin, echte Notfälle innerhalb von wenigen Minuten zu erkennen.« Das Projekt wurde gefördert vom deutschen Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) sowie der französischen



## Das Projekt SAFEWATER auf einen Blick

Das Ziel des EU-Forschungsvorhabens SAFEWATER ist es, chemische, biologische, radiologische oder nukleare Kontaminationen im Trinkwassersystem zu entdecken. Gemeinsam entwickeln neun Partner die Technik für ein umfassendes Monitoring, Frühwarn- und Notfallmanagementsystem.

- ARTTIC SA, Frankreich | Projektkoordination
- Fraunhofer IOSB, Deutschland | Wissenschaftliche Koordination, Event-Management-System, Wasserqualitätssimulation
- 3S Consult GmbH, Deutschland | Online-Simulation
- Acreo ICT AB, Schweden | Sensorentwicklung (Detektion von E.Coli)
- Águas do Algarve SA, Portugal | Wasserversorgung
- BioMonitech LTD, Israel | bakteriengestützte Sensorik für Trinkwassermonitoring
- Decision Makers LTD, Israel | Event-Detection-System
- Commissariat à l'Énergie Atomique et aux Énergies Alternatives, CEA, Frankreich | Sensorentwicklung (Erkennung radioaktiver Stoffe)
- Hagihon Company LTD, Israel | Wasserversorgung



[www.safewater-project.eu](http://www.safewater-project.eu)

L'Agence nationale de la recherche ANR. In Straßburg ist das neue System bereits im Einsatz und überwacht in Echtzeit die Wasserqualität im Netz. Die Datenbasis liefern Sensoren im Leitungsnetz. »Dank dieses Monitorings können Verunreinigungen schnell aufgespürt werden«, so Bernard. Künftige Modelle sollen noch mehr können. Im EU-Projekt SAFEWATER arbeitet Bernards Team zusammen nun mit acht Partnern aus Europa und Israel an einem umfassenden Trinkwasserschutzprogramm. Es soll chemische, biologische sowie nukleare Gefahrenstoffe schnell und effektiv detektieren. Darauf aufbauend werden Strategien für den Notfall entwickelt.

Derzeit entwickeln die Projektpartner verschiedene Sensoren, mit denen sich gefährliche Substanzen schon in geringsten Konzentrationen aufspüren lassen. Weil man für die Überwachung kompletter Trinkwassersysteme Hunderte, unter Umständen sogar Tausende von Messpunkten braucht, müssen diese Sensoren klein sein und kostengünstig in der Herstellung. »Die Daten, die sie ermitteln, sollen über Funk an einen Zentralrechner geschickt werden«,

erläutert Bernard, der wissenschaftliche Koordinator des EU-Projekts ist. »Wichtig ist hier, dass die Sensorsysteme über einen langen Zeitraum stabil arbeiten. Das lässt sich beispielsweise erreichen, indem wir einen Energiesparmodus integrieren.

So werden Messungen nur einmal pro Stunde übertragen, solange die Werte im Normbereich liegen. Nur wenn sie außergewöhnlich hoch oder niedrig sind, steigt die Sendefrequenz. Auf diese Weise kann ein Sensor mehrere Jahre ohne Wartung im Leitungssystem verbleiben.« Die Daten, die diese neuen Sensoren erfassen, helfen den Fraunhofer-Forschern, ihre Computermodelle weiter zu verbessern: Durch den ständigen Vergleich der Hochrechnungen mit den realen Messungen lernt das System dazu. Die Voraussagen werden immer präziser.

### Keine Lösung von der Stange

Umfassendes Monitoring und immer bessere Computersimulationen helfen den Wasserversorgern auch, sich auf den Notfall vorzubereiten.

Die Projektpartner entwickeln hierfür ein System, das alle Informationen bündelt: technische Betriebsdaten und Sensormessungen, aber auch Anrufe von Bürgern, die Trübungen des Wassers oder einen besonderen Geruch melden. Aus all diesen Daten wird die Quelle der Verunreinigung ermittelt und analysiert, wie sich der Gefahrenstoff ausbreitet. Das System schlägt dann auch unterschiedliche Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung vor.

Wie sinnvoll diese im Einzelfall sind und welche Folgen sie haben, können die Wasserversorger in Simulationen durchspielen: Das Stilllegen der gesamten Wasserversorgung kann beispielsweise eine Massenpanik auslösen. Riegelt man den Zufluss zu einem Industriegebiet ab, führt dies zu Produktionsausfällen. »Standardisierte Lösungen gibt es nicht«, betont Bernard. »Jede Wasserversorgung ist anders, jedes Gefahrenszenario unterschiedlich. In unseren Managementmodellen werden daher verschiedene Faktoren wie Trinkwasserquellen, Infrastruktur, Verbrauch und auch die Prozessketten innerhalb der Verwaltung berücksichtigt.« ■

# Krankenhaus der Zukunft

Wie neue Technologien medizinische Diagnosen und Interventionen beschleunigen und verbessern können, untersuchen Forscherinnen und Forscher am Gründungs- und Kompetenzzentrum für Medizintechnologie CUBEX.

Text: Monika Weiner

Wer einen Blick in die Zukunft der Medizin werfen will, der muss in den Untergrund gehen – genauer in den Keller des Universitätsklinikums Mannheim. Am Ende eines verwinkelten Gangs des Universitätsklinikums Mannheim sitzen Ingenieure hinter Monitoren. Durch ein Glasfenster können sie ständig das Geschehen beobachten: Soeben positioniert im »Interventionsraum« ein Roboterarm die Röntgenquelle über dem Patienten. Das Aufleuchten einer roten Lampe zeigt an, dass jetzt Aufnahmen gemacht werden. Wenige Sekunden später erscheinen die Bilder auf den Monitoren im Kontrollraum. Die Position des Tumors ist deutlich zu sehen. Wie durch Geisterhand gesteuert, bereitet ein Roboterarm die Biopsie-Nadel für die Probenentnahme vor.

Beginnt die Automatisierung der Medizin? Wird der Klinikalltag künftig von Robotern gesteuert, die unsere Krankheiten diagnostizieren, uns behandeln und entscheiden, wann wir wieder gesund sind und arbeiten können? »Keine Angst, ein vollautomatisiertes Gesundheitswesen wird es nicht geben«, betont Professor Jan Stallkamp, Leiter der Mannheimer Projektgruppe für Automatisierung in der Medizin und Biotechnologie des Fraunhofer-Instituts für Produktionstechnik und Automatisierung IPA. »Maschinen können immer nur unterstützen. Sie dürfen keine Entscheidungen fällen über Leben und Tod.«

Doch die Automatisierung kann Ärzten helfen, die richtigen Entscheidungen zu treffen. Wie, das erforscht Stallkamps Team im Interventionsraum. Noch liegt auf dem OP-Tisch im Zentrum des Raums kein Mensch, sondern eine Puppe. Und der Roboterarm, der die Biopsie-Nadel hält, wartet geduldig auf die Anweisungen der Ingenieure. »Er wird auch künftig nicht autonom agieren, denn die eigentliche Biopsie-Entnahme

wird immer ein Arzt machen«, erklärt Gruppenleiter Timo Cuntz. »Doch der Roboter bekommt von der Recheneinheit die Bild- und Steuerungsdaten, die notwendig sind, um die Nadel an der richtigen Stelle im richtigen Winkel zu positionieren. Der Arzt kann nun die Nadel einführen, ohne weitere Ultraschall- oder Röntgenaufnahmen machen zu müssen, die die Probenentnahme in die Länge ziehen.«

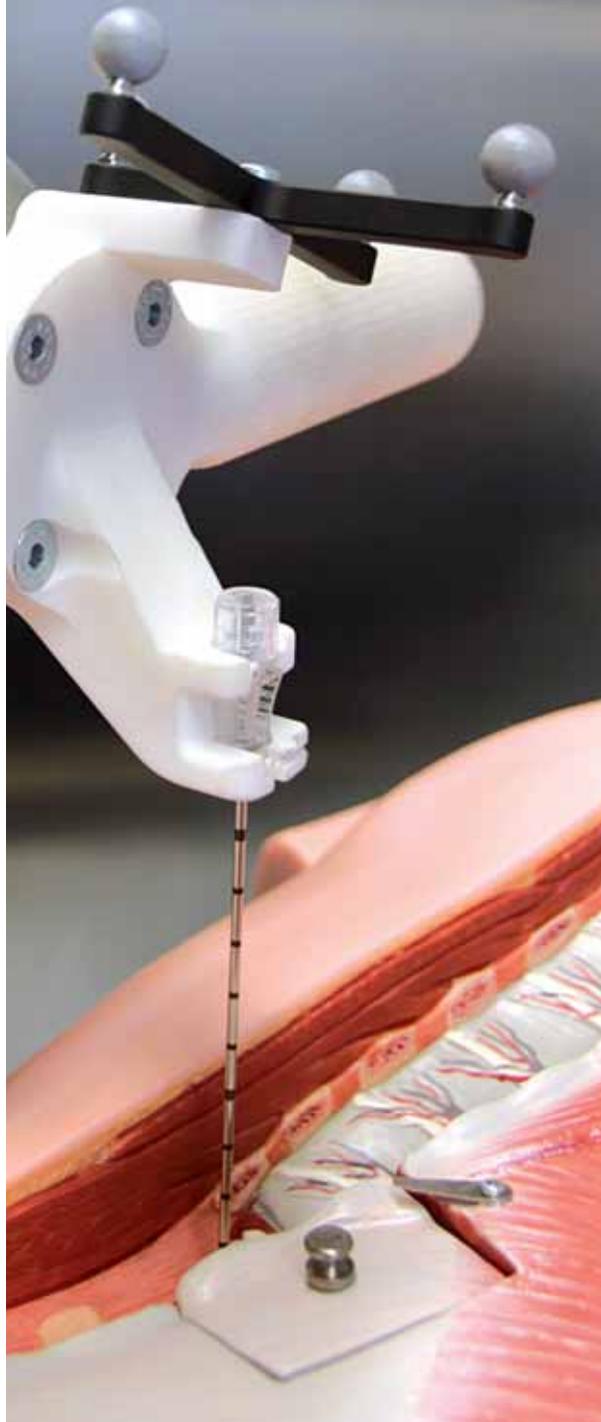
Dass diese Roboterunterstützung tatsächlich sinnvoll ist, wissen die Fraunhofer-Forscher aus erster Hand: Im Gründungs- und Kompetenzzentrum für Medizintechnologie CUBEX arbeiten sie eng mit kleinen und mittelständischen Start-ups aus der Medizintechnikbranche sowie Wissenschaftlern von der medizinischen Fakultät Mannheim der Universität Heidelberg zusammen. Weil sich das CUBEX auf dem Gelände des Mannheimer Universitätsklinikums befindet, können sich Ingenieure und Mediziner jederzeit treffen und austauschen. »Unser Team hat die Möglichkeit, am klinischen Alltag teilzunehmen – während eines Eingriffs oder einfach nur am Mittagstisch. Der enge Kontakt schafft ein grundlegendes Verständnis der Erwartungen und ist der Schlüssel zur Identifikation von neuen Trends in der Medizin wie die Automatisierungstechnik«, berichtet Stallkamp.

## Ingenieure und Mediziner unter einem Dach

»Die Zusammenarbeit zwingt uns, über den Tellerrand zu blicken und gemeinsam zu überlegen, was machbar und was sinnvoll ist: Wie viel Automatisierung wollen wir in der Medizin? Wie viel nutzt dem Patienten, wie viel der Allgemeinheit? Das sind wichtige Fragen«, sagt Stallkamp. »Noch arbeiten wir an Einzelprojek-



Demonstration einer navigierten robotergestützten Platzierung einer Nadel, hier an der Nachbildung eines menschlichen Körpers. © Fraunhofer IPA



ten, verbessern Prozesse. Am Ende werden sich diese jedoch, wie Teile eines Puzzles, zu einem großen Ganzen zusammenfügen. Unser Ziel ist es, Diagnose und Therapie zu automatisieren und zu vernetzen. Das geht Hand in Hand mit einer individualisierten Medizin.«

Der neue Ansatz könnte den Klinikalltag nachhaltig verändern. Bisher muss beispielsweise ein Patient mit Krebsverdacht zahlreiche Stationen durchlaufen: Der Onkologe benötigt radiologische Untersuchungen sowie umfassende Laboruntersuchungen und eventuell auch eine Biopsie, die histologisch geprüft werden muss, bevor er eine Diagnose stellt und dann vielleicht den Chirurgen hinzuzieht. Bis alle Untersuchungen abgeschlossen sind, lebt der Patient in ständiger Unsicherheit – dies bedeutet nicht nur eine enorme psychische Belastung, sondern zögert auch den Beginn der Therapie hinaus. »In unserem Interventionsraum versuchen wir, diese Abläufe zu optimieren, indem wir Wege verkürzen«, erklärt Cuntz. Röntgen und Biopsie-Entnahme wurden bereits zusammengefasst. Als nächstes wollen die Forscher ein automatisiertes Diagnosesystem anschließen. DiagnoSYS wurde entwickelt, um die Chemosensitivität von Krebspatienten zu untersuchen. Diese entscheidet darüber, welche Chemotherapeutika für die Behandlung geeignet sind. Das Gerät kann mit Hilfe der Zellproben, die bei der Biopsie entnommen wurden, analysieren, welche Chemotherapeutika-Kombinationen für die Behandlung erfolgversprechend sind – eine große Hilfe für den Arzt.

### Schnellere Diagnose und bessere Therapie

Von der neuen, schnelleren Diagnostik sollen künftig auch Patienten profitieren, bei denen der Tumor bereits Metastasen gebildet hat. In dem vom Bundesforschungsministerium geförderten Projekt »Mannheim Molecular Intervention Environment«, kurz M<sup>2</sup>OLIE, entwickelt das Fraunhofer-Team zusammen mit verschiedenen Forschergruppen der Universität Heidelberg, der Universität Mannheim, der Hochschule Mannheim und mehreren Industriepartnern einen Prozess, mit dem sich fünf bis sieben genetisch

veränderte Metastasen lokalisieren, entnehmen und noch im Interventionsraum analysieren lassen. Weil meist jede der Metastasen einzeln diagnostiziert und therapiert werden muss, dauert eine Behandlung bisher mehrere Stunden. Der Patient muss dafür mehrfach einbestellt werden. »Wir wollen jetzt erreichen, dass die komplette Diagnostik an einem Vormittag ablaufen kann«, erklärt Stallkamp.

Wie das funktionieren kann? Der Projektgruppenleiter hat hier schon einige Ideen: »Entscheidend ist zunächst einmal, dass der Patient nur noch eine Station anlaufen muss.« Diese Station wäre ein erweiterter Interventionsraum. Dort würden alle Untersuchungen gemacht, Maßnahmen ergriffen und dort liefen auch alle Informationen zusammen – zum Beispiel Daten aus Computer- und Kernspintomographie, Massenspektroskopie-Analysen sowie Vorschläge, welche Therapeutika geeignet wären. Wenn sämtliche Ergebnisse vorliegen, könnte sofort die Herstellung von individuellen Medikamenten beginnen: Der Laborautomat würde online mit der Produktion beauftragt. Die frisch produzierten Therapeutika könnte der Arzt dann mit bildgebenden Verfahren in den Tumor einbringen und eines Tages vielleicht gleich die Wirkung überprüfen.

Dass dieses hochkomplexe Zusammenspiel von Technologien, Daten und Disziplinen tatsächlich funktioniert, wollen die Forscher in den kommenden Jahren beweisen. 2029, wenn das Projekt M<sup>2</sup>OLIE ausläuft, soll der Prototyp eines Gesamtsystems für die Diagnostik und Therapie von Metastasen fertig sein. Bevor das System auf den Markt kommt, muss es dann allerdings noch die klinischen Prüfungen durchlaufen. »Diagnostik und Therapie werden sich verändern«, prognostiziert Stallkamp. »Die Medizin der Zukunft wird nicht nur schnell sein und den Patienten möglichst wenig belasten, sondern muss auch höchsten Qualitätsstandards genügen. Und hier kann die Prozessautomatisierung einen wichtigen Beitrag leisten.« ■

 Podcast online ab 3. Dezember:  
[www.fraunhofer.de/audio](http://www.fraunhofer.de/audio)

# Molekulare Mechanismen erforschen

Alzheimer, Parkinson und Chorea Huntington führen zum Absterben von Nervenzellen im Gehirn. In einem europäischen Projekt untersuchen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler die molekularen Gemeinsamkeiten dieser Krankheiten und versuchen daraus neue Therapieansätze abzuleiten.

Text: Monika Offenberger

Alois Alzheimer, George Huntington und James Parkinson haben eine Gemeinsamkeit: Sie beschrieben als erste jene schweren Leiden, die heute nach ihnen benannt sind. Auch die Krankheiten selbst zeigen Parallelen. Alle drei führen zum fortschreitenden Abbau von Nervenzellen und bewirken bei den Betroffenen schwerste neurologische Störungen. Verursacht wird dieser Prozess durch eigentlich harmlose körpereigene Proteine: Sie falten sich falsch zusammen, verklumpen mit ihresgleichen und lagern sich je nach Krankheit in unterschiedlichen Hirnregionen ab. Wie es zu den Protein-Fehlfaltungen und -Verklumpungen kommt, ist für keine der drei Erkrankungsformen restlos geklärt – und wird bislang unabhängig voneinander erforscht. Ein EU-Projekt unter Leitung der Außenstelle Molekulare Wirkstoffbiochemie und Therapieentwicklung Halle des Fraunhofer-Instituts für Zelltherapie und Immunologie IZI in Leipzig will dies nun ändern. Unter dem Titel »CrossSeeds« suchen fünf Arbeitsgruppen aus Deutschland, Frankreich und Norwegen nach gemeinsamen molekularen Entstehungsmechanismen für die drei häufigsten neurodegenerativen Erkrankungen. Im Sommer fiel der Startschuss für das Verbundvorhaben, das von der Europäischen Union drei Jahre lang mit insgesamt 1,7 Millionen Euro gefördert wird.

Projektkoordinator Professor Hans-Ulrich Demuth – er leitet in Halle (Saale) die Arbeitsgruppe Molekulare Wirkstoffbiochemie und Therapieentwicklung des IZI – erklärt die Idee hinter CrossSeeds: »Wir haben uns die Frage gestellt: Könnte es nicht sein, dass die fehlgefalteten Proteine, die gehäuft bei Alzheimer entstehen,

auch jene Moleküle zu Fehlfaltungen und damit zur Aggregation anregen, die für die anderen Krankheiten ausschlaggebend sind?« Die Übeltäter sind in allen drei Fällen bekannt: Sie heißen Abeta (bei Alzheimer), alpha-Synuclein (bei Parkinson) und Huntingtin (bei Chorea Huntington). Nach Demuths Hypothese würde beispielsweise Abeta als Kristallisationskeim (englisch: seed) für alpha-Synuclein oder Huntingtin dienen und aufgrund eines gemeinsamen Krankheitsmechanismus' zu einer Kreuzung (cross) der Proteinverklumpung führen – oder umgekehrt: alpha-Synuclein oder Huntingtin fördern die Verklumpung von Abeta. Für diese Vermutung spricht, dass immer mehr Menschen zugleich an Alzheimer- und an Parkinson-Symptomen leiden. Einige dieser Patienten hatten verfügt, dass nach ihrem Tod ihr Gehirn untersucht werden darf. Tatsächlich fand man bei manchen von ihnen sowohl die für Alzheimer typischen »Plaques« mit Abeta-Ablagerungen als auch die für Parkinson charakteristischen »Lewy-Körperchen« aus verklumptem alpha-Synuclein. In Hirnschnitten von Verstorbenen, die als klassische Parkinson-Patienten galten, finden sich an den obligatorischen Lewy-Körperchen zuweilen auch Ablagerungen der für Alzheimer spezifischen Abeta-Proteine.

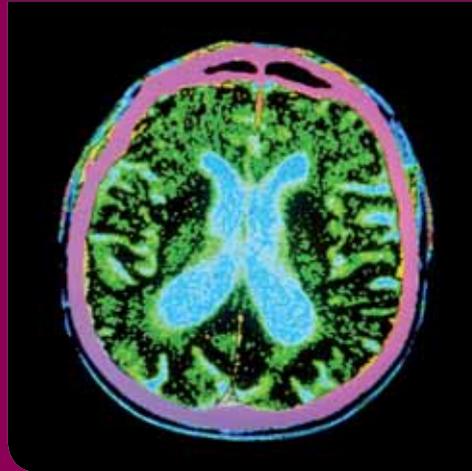
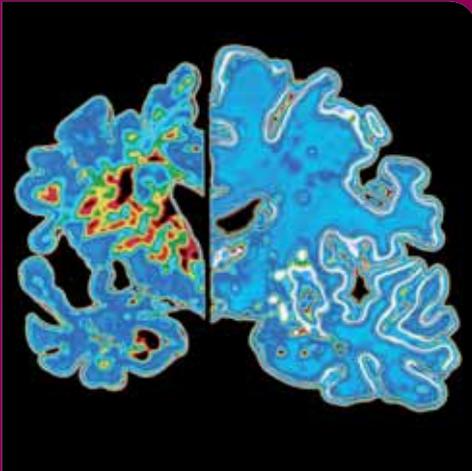
## Gemeinsamkeiten bei den verschiedenen Demenzerkrankungen

Neben diesen klinischen Befunden und Untersuchungen des Gehirngewebes von Patienten deuten auch Laborexperimente auf einen gemeinsamen Entstehungsmechanismus für verschiedene Demenz- bzw. neurodegenerative

Erkrankungen hin. Besonders interessant ist eine bestimmte biochemische Reaktion, die die harmlosen Proteine verändert, ihre Verklumpungsneigung steigert und sie in krankmachende Varianten verwandelt. Wie sich zeigte, ist daran das Enzym Glutaminyl-Cyclase beteiligt; offenbar wirkt es als Geburtshelfer sowohl für die erkrankungsfördernden Varianten von Abeta als auch von alpha-Synuclein und Huntingtin. An dieser Entdeckung durch Hans-Ulrich Demuth und Stephan Schilling, die damals noch für das in Halle angesiedelte Unternehmen Probiobdrug arbeiteten, waren auch Wissenschaftler aus Japan beteiligt. Mittlerweile hat der habilitierte Biochemiker Demuth die Arbeitsgruppe am IZI aufgebaut (2013). Seither versucht er die verschiedenen Puzzlesteine zu einem einheitlichen Bild zusammenzufügen. In dem von ihm angeregten EU-Projekt sollen nun alle drei neurodegenerativen Erkrankungen systematisch mit standardisierten Methoden untersucht werden – sowohl im Reagenzglas als auch in Zellkulturen und mittels spezieller Mäuse und Ratten, die menschliche Gene in sich tragen und daher entsprechende Krankheitssymptome entwickeln.

Als Partner konnte das IZI vier Arbeitsgruppen mit fundierter Expertise und entsprechenden genetisch veränderten Tierstämmen gewinnen: Am French National Institute of Health and Medical Research in Paris ist man auf Parkinson spezialisiert, die Kollegen am Universitätsklinikum Erlangen-Nürnberg konzentrieren sich auf die Huntington-Erkrankung und an der Universität Leipzig hat man langjährige Erfahrung mit der Alzheimer'schen Erkrankung. Die Forschungsergebnisse aller Projektpartner laufen an der

Die Ursache für die Krankheiten Alzheimer, Parkinson und Huntington (v.li.n.re.) ist geklärt, aber nicht, wie es dazu kommt.  
© SPL / Agentur Focus



Universität Oslo in einer computerbasierten Datenbank zusammen. Dort werden dreidimensionale Karten der Mäuse- und Rattengehirne erstellt, in denen die krankhaften Proteinansammlungen verortet werden. So lässt sich das Fortschreiten der degenerativen Erkrankungen nachvollziehen.

### Cross-Seeding-Untersuchung im Reagenzglas

»Wir am IZI wollen das Cross-Seeding im Reagenzglas untersuchen«, erklärt Hans-Ulrich Demuth. »Dazu stellen wir zunächst die isolierten Proteine her. Dann mischen wir sie – zum Beispiel Abeta mit alpha-Synuclein – und sehen nach, ob sie koagulieren, sprich miteinander verklumpen. Solche Kreuz-Aggregate können wir mit speziellen Techniken wie Elektronenmikroskopie oder Fluoreszenz-Spektroskopie sichtbar machen und näher untersuchen.« Neben den Proteinen stellt das Hallenser Team auch Antikörper her, die sich jeweils nur an eine Klasse von Proteinen anlagern. Diese spezifischen Antikörper werden mit jeweils unterschiedlichen Fluoreszenzfarbstoffen gekoppelt und erlauben es, Proteinablagerungen in den Hirnschnitten erkrankter Tiere oder auch verstorbener Patienten selektiv anzufärben.

Professor Steffen Roßner von der Universität Leipzig wird mit Hilfe dieser maßgeschneiderten Antikörper histologische Hirnschnitte von Mäusen und Ratten untersuchen, die zu Lebzeiten Symptome der Alzheimer-Erkrankung gezeigt hatten. Insbesondere die Plaques im Gehirn dieser Nager will er gezielt danach absuchen, ob

sich um die charakteristischen Abeta-Aggregate herum auch typische Proteine der jeweils anderen Erkrankungen abgelagert haben. Denselben Ansatz verfolgen auch die Arbeitsgruppen in Erlangen, Leipzig und Paris an ihren Huntingtin- bzw. Parkinson-Mäusen und -Ratten. »Wir verwenden die gleichen Antikörper und arbeiten mit den gleichen standardisierten Färbeprozessen wie unsere Partner. Das ist die Stärke des CrossSeeds-Teams«, betont Steffen Roßner.

Demuths maßgeschneiderte Antikörper erlauben freilich nicht nur das präzise Anfärben aggregierter Proteine. Sie rufen auch das körpereigene Immunsystem auf den Plan und eignen sich somit als Impfstoffe. »Das Wirkprinzip ist eine passive Vakzinierung, wie man sie zum Beispiel gegen Hepatitis A kennt. Da bekommen die Patienten entsprechende Antikörper gegen die Hepatitis-Viren gespritzt. Im Falle von Alzheimer und Parkinson wäre das langfristige Ziel, dass die Antikörper an die Protein-Aggregate gehen und diese dann von Immunzellen erkannt und vernichtet werden«, erklärt Stephan Schilling. Wichtig sei dabei, so der IZI-Forscher, dass die Antikörper nur die »bösen« verklumpten Proteine erkennen – und nicht die »gute« korrekt gefaltete Form, die vermutlich wichtige Aufgaben im Körper erfüllt. Jedoch sei man noch weit von einer Impfung gegen Alzheimer entfernt, betont Hans-Ulrich Demuth: »Das Ziel des Projekts ist in erster Linie, das Wirkprinzip zu belegen«, so der Biochemiker.

Eine zweite Option auf eine künftige Therapie bietet das Prinzip der aktiven Immunisierung. »Als Impfstoff käme hier eine bösartige Variante

von Abeta infrage«, erklärt Steffen Roßner. »Allerdings müsste sie so abgewandelt werden, dass sie selbst nicht verklumpt. So könnte man das Immunsystem reizen, auf dass es seine Fresszellen auf die fehlgefalteten Proteine loslässt – und die vom Körper selbst gebildeten bösartigen Aggregate gleich mitbekämpft.« Auch daran arbeitet das Hallenser Fraunhofer-Team. Und für dieses Konzept gilt ebenfalls: Ob und wann es sich als praktikabel erweisen wird, lässt sich heute noch nicht abschätzen.

Andere Wissenschaftler-Teams verfolgen noch eine weitere therapeutische Strategie, mit der die bislang unheilbaren Gehirnerkrankungen womöglich wirkungsvoller behandelt werden können. Dabei stehen nicht die fehlerhaften Proteine selbst im Fokus, sondern eine Reihe von Enzymen, die sie erzeugen, darunter auch die Glutaminyl-Cyclase. »Gegen diese kann man etwas tun: Man kann sie hemmen oder Antikörper gegen sie impfen«, erklärt Professor Stephan von Hörsten vom Universitätsklinikum Erlangen. Derzeit wird etwa ein erster Wirkstoff der Firma Probiobdrug klinisch getestet, der die unerwünschten Nebenwirkungen solcher Enzyme unterbinden soll, die zur Fehlfaltung von Proteinen beitragen. Im Vordergrund steht die Untersuchung der Verträglichkeit dieser neuen Gruppe von Wirkstoffen. Dies stünde den neuen Ansätzen ebenfalls noch bevor. »Um hier weiterzukommen, müssen wir mehr über die molekularen Entstehungsmechanismen der drei großen neurodegenerativen Erkrankungen lernen«, betont von Hörsten. »Die gemeinsamen Anstrengungen von CrossSeeds werden uns dabei ein gutes Stück voranbringen.« ■



Bundesforschungsministerin Prof. Johanna Wanka und Bundesinnenminister Dr. Thomas de Maizière besuchten die Cybersicherheitsforschung in Darmstadt.  
© Thomas Jupa/Fraunhofer

## Besuch im Security Valley

Bundesforschungsministerin Johanna Wanka und Bundesinnenminister Thomas de Maizière informierten sich in Darmstadt über aktuelle Entwicklungen in der Cybersicherheit. In einer Sonderchau präsentierten die Technische Universität Darmstadt, die Hochschule Darmstadt sowie die Fraunhofer-Institute für Sichere Informationstechnologie SIT und Graphische Datenverarbeitung IGD ihre Forschungsergebnisse. Vorgestellt wurden unter anderem Lösungen für den Schutz

der Privatsphäre bei Apps, Entwicklungen zum schnelleren Aufspüren von Trojanern oder Schutzkonzepte für das Internet der Zukunft.

Empfangen wurden die Minister vom Präsidenten der Fraunhofer-Gesellschaft Prof. Dr. Reimund Neugebauer, der die essenzielle Rolle der IT-Sicherheit für Wirtschaft und Gesellschaft, insbesondere im Kontext von Industrie 4.0, betonte.



Queen Elizabeth II. besuchte das Technology and Innovation Centre in Glasgow, wo auch Fraunhofer UK angesiedelt ist. © Strathclyde University

## Queen zu Gast bei Fraunhofer UK

Königin Elizabeth II. eröffnete an der Strathclyde Universität im schottischen Glasgow das neue, etwa 125 Millionen Euro teure Technology & Innovation Centre (TIC). In diesem Innovationszentrum ist auch das Fraunhofer Centre for Applied Photonics CAP angesiedelt. Gemeinsam mit ihrem Prinzgemahl Philip ließ sich die Queen die hochmodernen neuen Räume sowie

einige Forschungsansätze der Universität zeigen. Fraunhofer UK arbeitet bereits seit seiner Gründung im Jahr 2012 mit der Strathclyde Universität zusammen.

## Fraunhofer auf Messen

### Oktober

**6. – 8. Oktober**  
**Biotechnica, Hannover**  
Internationale Fachmesse für Biotechnologie und Life Sciences

### November

**10. – 13. November**  
**PRODUCTRONICA, München**  
Weltleitmesse für Entwicklung und Fertigung von Elektronik

**16. – 19. November**  
**Compamed**  
Zuliefermarkt Medizintechnik, Materialien, Bauteile

**16. – 19. November**  
**MEDICA, Düsseldorf**  
Forum der Medizin – Internationale Fachmesse mit Kongress

**Informationen zu allen Messen:**  
[www.fraunhofer.de/messen](http://www.fraunhofer.de/messen)  
[www.fraunhofer.de/veranstaltungen](http://www.fraunhofer.de/veranstaltungen)

**Franziska Kowalewski**  
**Susanne Pichotta**

[franziska.kowalewski@zv.fraunhofer.de](mailto:franziska.kowalewski@zv.fraunhofer.de)  
[susanne.pichotta@zv.fraunhofer.de](mailto:susanne.pichotta@zv.fraunhofer.de)

## Personalien

**Professor Reimund Neugebauer**, Präsident der Fraunhofer-Gesellschaft, erhielt von der Universität von Neapel Federico II die Ehrendoktorwürde für Technologie und Produktionssysteme. Neugebauer ist damit der erste ausländische Wissenschaftler, der diesen Titel im Bereich Ingenieurwissenschaften von einer der ältesten Hochschulen der Welt verliehen bekam.

Die Wissenschaftliche Gesellschaft für Lasertechnik e. V. (WLT) zeichnete **Dr. Stefan Hengesbach** mit dem WLT-Preis 2015 aus. Der Wissenschaftler des Fraunhofer-Instituts für Lasertechnik ILT in Aachen erhielt den Preis für seine außerordentlichen und über die rein wissenschaftliche Arbeit hinausgehenden Leistungen auf dem Gebiet der Lasertechnik.

Mit dem ersten Preis in der Kategorie »Bachelor-, Master- und Diplomarbeiten« beim Nachwuchswettbewerb Green Photonics wurde **Torsten Büchner** vom Fraunhofer-Center für Silizium-Photovoltaik CSP in Halle ausgezeichnet. In seiner Masterarbeit untersuchte er eine Methode, mit der Solarzellen auch einfallendes Licht nutzen können, das bisher nicht verwertbar war.

Für seine Leistungen zur Modellierung thermomechanischer Wechselbelastungen metallischer Werkstoffe erhielt **Dr. Christoph Schweizer** die silberne Ehrennadel des Deutschen Verbands für Materialforschung und -prüfung DVM. Der Wissenschaftler des Fraunhofer-Instituts für Werkstoffmechanik IWM in Freiburg entwickelte eine Methode, um das Wachsen von Rissen in Werkstoffen zu bewerten, die starker thermischer und mechanischer Belastung ausgesetzt sind.

**Professor Hans-Josef Endres**, Leiter des Anwendungszentrums für Holzfaserforschung am Fraunhofer-Institut für Holzforschung, Wilhelm-Klauditz-Institut WKI wurde mit dem B.A.U.M.-Umweltpreis 2015 in der Kategorie Wissenschaft ausgezeichnet. Die Jury würdigte damit seinen unermüdlchen Einsatz für Biokunststoffe.

Der Internationale Weltverband für Schweißtechnik IIW verlieh **Professor Cetin Morris Sonsino** vom Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit LBF in Darmstadt den FELLOW OF IIW AWARD. Er erhielt den Preis für sein Lebenswerk.

### 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:**  
Klaudia Kunze (V.i.S.d.P.),  
Beate Koch, Birgit Niesing (Chefredaktion)  
Franziska Kopold, Mandy Kühn,  
Christa Schraivogel (Bild und Produktion)

**Redaktionelle Mitarbeit:**  
Janine van Ackeren, Andreas Beuthner,  
Frank Grotelüschen, Klaus Jacob, Chris Löwer,  
Katja Lüers, Bernd Müller, Monika Offenberger,  
Brigitte Röthlein, Isolde Rötzer, Monika Weiner

**Graphische Konzeption:** BUTTER, Düsseldorf  
**Layout + Litho:** Vierthaler & Braun, München  
**Titelbild:** Thomas Ernsting  
**Druck:** H. HEENEMANN GmbH, Berlin

**Anzeigen:** Heise Zeitschriften Verlag  
Technology Review, Karl-Wiechert-Allee 10  
30625 Hannover, Telefon +49 511 5352-0  
www.heise.de/mediadaten  
Nächster Anzeigenschluss: 6. November 2015

Bezugspreis im Mitgliedspreis enthalten.  
© Fraunhofer-Gesellschaft, München 2015

ClimatePartner   
**klimaneutral  
gedruckt**



 **Fraunhofer**

# Spin-offs

## Kostengünstige Solarmodule

Die Solarenergie ist weltweit ein stabiler Wachstumsmarkt. Allein im vergangenen Jahr stieg die globale Photovoltaikkapazität im Vergleich zum Vorjahr um knapp 40 GigaWatt; insgesamt beläuft sie sich auf 177 GW, so das Ergebnis einer Roland-Berger-Studie. Die Tendenz ist weiter steigend. Um auch künftig den Bedarf zu günstigen Preisen decken zu können, werden neue Technologien benötigt, die den Material- und Energieverbrauch bei der Produktion von Silizium-Solarzellen weiter reduzieren. Daran arbeitet die NexWafe GmbH, eine Ausgründung aus dem Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE in Freiburg. Die Ausgründung wird von Fraunhofer Venture mit einer Anschubfinanzierung unterstützt.

Das Unternehmen möchte ein innovatives Fertigungsverfahren auf den Markt bringen, das 80 Prozent weniger Energie benötigt und 60 Prozent weniger Material im Vergleich zur herkömmlichen PV-Produktion. Dr. Stefan Reber, ehemaliger Abteilungsleiter »Kristallines Silicium – Materialien und Dünnschichtszellen« und sein Team entwickelten einen zuverlässigen Prozess für die Herstellung von kristallinen Siliziumschichten. »Mit unserer Technologie sparen wir drei Viertel der bisherigen Fertigungsschritte ein, das Silizium wird zu 60 Prozent besser genutzt«, erläutert Reber, der NexWafe seit Mitte Mai leitet.

Derzeit arbeitet der Photovoltaik-Experte zusammen mit drei Mitarbeitern daran, den Herstellungsprozess aus der Pilotphase in die Produktion zu überführen. »Unser Ziel ist, ab 2017 mit der Herstellung von etwa 50 Millionen Wafern pro Jahr in Deutschland zu starten«, sagt Reber. Mehrere große Solarzellenhersteller haben bereits Interesse an der neuen Technologie bekundet.

Dr. Stefan Reber  
www.nexwafe.com



## Die Kundensuchmaschine

Gute Ideen – heißt es – hat man meist nicht am Schreibtisch. So entstanden auch die ersten Ideen, die später zur Gründung der Implisense GmbH in Berlin führten, beim Austausch in der Kantine. »Einige Kollegen des Fraunhofer-Instituts für Intelligente Analyse- und Informationssysteme IAIS in Birlinghoven untersuchten im Forschungsprogramm THESEUS, wie man in großen Datenbeständen bislang unbekannte Zusammenhänge entdecken kann«, erinnert sich Dr. Andreas Schäfer. Die Aufgabe des damaligen Business Developers war es, Modelle aufzuzeigen, wie man von diesen neuen Recherche- und Analysetechnologien profitieren könnte. »Allerdings gab es keine sofort nutzbare Lösung, um die Technologien etwa für eine »Marktforschung auf Knopfdruck« zu nutzen«, sagt Schäfer.

Gemeinsam mit Dr. André Bergholz und Hannes Korte sowie mit der Unterstützung des Institutsleiters Prof. Dr. Stefan Wrobel als Mentor wagte Schäfer den Sprung in die Selbstständigkeit. Die Idee der Gründer, Daten aus dem Web systematisch für die intelligente Marktforschung auszuwerten, überzeugte: Ende 2011 gewannen die Gründer einen Preis beim IKT Innovativ Wettbewerb. »2012 folgte das EXIST-Gründerstipendium, im April 2013 gründeten wir, Anfang 2014 kam das erste Produkt auf den Markt und Ende 2014 stieg der High-Tech-Gründerfonds als erster Investor ein«, fasst Schäfer die Entwicklung in Kürze zusammen.

Heute bietet Implisense Unternehmen, die Geschäftskundenleistungen vertreiben (B2B), eine Kundensuchmaschine zur Miete an. »Unsere Software kann anhand einiger Beispiele selbstständig individuelle Zielgruppenprofile erstellen und empfiehlt weitere Kunden, die in dieses Profil passen«, erklärt Schäfer. Als Basis dient eine selbst erstellte und täglich aktualisierte Datenbank mit Informationen zu mehreren Millionen Firmen aus Deutschland. Darauf können Anwender über eine webbasierte Oberfläche zugreifen. Weitere Vorteile: Das Produkt lässt sich zu geringen Kosten an alle großen Kundenmanagementsysteme (CRM) anschließen, um kontinuierlich mit aktuellen Daten und Empfehlungen zu Kunden arbeiten zu können.

Dr. Andreas Schäfer  
www.implisense.com



# WIR DENKEN WEITER.



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



**GRATIS**



## 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.

## LAMY SCHREIBSET

- Hochwertiger Kugelschreiber aus strichmattiertem Edelstahl
- Haftnotizblock im Lederetui
- In attraktiver Geschenkverpackung

## JETZT AUCH KOMPLETT DIGITAL

- Bequem auf Ihrem Tablet oder Smartphone
- Für Android, iOS oder Kindle Fire

Gleich im Miniabo testen!



Jetzt bestellen und von allen Vorteilen profitieren:

**WWW.TRVORTEIL.DE**

# Wer begleitet mich auf meinem Karriereweg?

Die Antwort:  
**academics.de,**  
**der führende**  
**Stellenmarkt für**  
**Wissenschaftler**

academics.de - das Ratgeber-Karriereportal mit Stellenangeboten, Themen-Spezialen und Services für die berufliche Laufbahn in Wissenschaft und Forschung. Inklusive Ratgeberinformationen zu Berufseinstieg, Gehälter in der Wissenschaft, Promotionsberatung, Alternative Karrierewege für Forscher u.v.m.

Sie suchen neue Mitarbeiter?

Informieren Sie sich jetzt unter [academics.de/arbeitgeber](https://www.academics.de/arbeitgeber)

 **academics.de/fraunhofer**  
Das Karriereportal für Wissenschaft & Forschung